

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilních technologií

Hodnocení hmotové nestejnoměrnosti v rotorové přádelně
Analysis of Mass Irregularity in the OE-Rotor Spinning Mill

Vedoucí práce: Prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.

Konzultanti: Ing. Eva Moučková, PhD.

Ing. Petra Jirásková

Počet stran: 53

Počet tabulek: 11

Počet obrázků: 22

Počet vztahů: 32

Počet příloh: 3

V Liberci dne 12. května 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 12. května 2008

.....

Podpis

P o d ě k o v á n í

Na začátku této práce bych chtěla poděkovat Prof. Ing. Petrovi Ursínymu, DrSc. za vlídné vedení, podnětné rady a připomínky, dále Ing. Evě Moučkové, PhD. a Ing. Petře Jiráskové za rady a odpovědi na mé otázky.

Dále děkuji zaměstnancům firmy KTC Plavy za poskytnutí vzorků a vstřícný přístup při měření, zvláště Ing. Zuzaně Stehnové a paní Alici Jechové.

Děkuji také svým rodičům, kteří mě podporovali a stáli za mnou po celou dobu studia, svým sourozencům a přátelům za jejich pomoc a podporu.

A n o t a c e

Cílem této práce je zhodnotit hmotovou nestejnoměrnost rotorové příze s obchodním názvem SYNCROFIL vyráběnou firmou KTC Plavy, zjistit, jaký vliv mají jednotlivé pasáže rotorové technologie na hmotovou nestejnoměrnost příze a v případě negativních vlivů navrhnout opatření, která by jejich působení omezila.

Pro analýzu struktury hmotové nestejnoměrnosti jsou použity charakteristické funkce, zvláště spektrogram a délková variační křivka. Úroveň nestejnoměrnosti je vyhodnocena porovnáním jednotlivých parametrů se standardy Uster Statistics 2007. Součástí práce je i hledání korelace mezi vybranými parametry kvadratické hmotové nestejnoměrnosti $CV(L)$ a příslušnou hodnotou DR-funkce.

A n n o t a t i o n

The aim of this diploma thesis is an evaluation of mass irregularity of rotor yarn with trade name SYNCROFIL, made by company KTC Plavy. Next aim is to determine an influence of individual passages of rotor spinning technology on mass irregularity of yarn. In the case of negative influences a precaution, which reduces their action, is suggested.

Characteristic functions, especially spectrogram and variance length curve, are used for analysis of structure of mass irregularity. The level of mass irregularity is evaluated by comparison of individual parameters with the Uster Statistics 2007. Search of correlation between squared mass irregularity $CV(L)$ and corresponding value of DR-function is next part of this work.

Klíčová slova

Rotorová příze

Hmotová nestejnoměrnost

Kvadratická hmotová nestejnoměrnost

Spektrogram

Délková variační křivka

Vlnová délka

Key words

Rotor yarn

Mass irregularity

Coefficient of variation

Spectrogram

Variance length curve

Wavelength

Obsah:

1. Výroba bavlnářské příze rotorovou technologií	12
1.1 Příprava materiálu k předení	14
1.1.1 Rozvolňování	14
1.1.2 Míchání	14
1.1.3 Čechrání a čištění	15
1.2 Mykání	15
1.3 Posukování	17
1.4 Dopřádání	17
2. Hmotová nestejnoměrnost	20
2.1 Parametry hmotové nestejnoměrnosti	20
2.1.1 Lineární hmotová nestejnoměrnost	20
2.1.2 Kvadratická hmotová nestejnoměrnost	21
2.1.3 Limitní hmotová nestejnoměrnost	22
2.1.4 Index nestejnoměrnosti	22
2.1.5 Výrobní nestejnoměrnost	23
2.1.6 Strojová nestejnoměrnost	23
2.2 Charakteristické funkce	24
2.2.1 Spektrogram	24
2.2.1.1 Charakteristické spektrum (komíny)	25
2.2.1.2 Kupovité spektrum	27
2.2.2 Délková variační křivka (gradient nestejnoměrnosti)	28
2.2.3 DR-funkce (Deviation Rate = míra odchylek)	30
2.3 Druhy vad v přízi	31
2.4 Princip měření hmotové nestejnoměrnosti	33
2.5 Chlupatost	33
2.6 Standardy Uster Statistics 2007	34
2.7 Vliv technologie na hmotovou nestejnoměrnost příze	35
3. Experiment	37
3.1 Zpracování spektrogramů přízí	38
3.2 Zpracování spektrogramů pramenů	39
3.3 Zpracování délkových variačních křivek	40
3.4 Vyhodnocení DR-funkcí	42

3.5 Porovnání s Uster Statistics 2007	43
4. Interpretace výsledků	45
4.1 Příze Nm 10	45
4.2 Příze Nm 12	46
4.3 Příze Nm 14	46
4.4 Příze Nm 20	47
4.5 Příze Nm 28	47
4.6 Příze Nm 34	48
4.7 Příze Nm 40	49
4.8 Pramen z druhého posukovacího stroje	49
4.9 Pramen z prvního posukovacího stroje	50
5. Závěr	51
Seznam použité literatury	52
Seznam příloh	53

Seznam použitých symbolů

f	plocha mezi křivkou $m(l)$ a \bar{m}
F	plocha pod hodnotou \bar{m} na délce L
$m(l)$	okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu [kg]
\bar{m}	střední hodnota hmotnosti [kg]
L	délka úseku [m]
U	lineární hmotová nestejnoměrnost [%]
CV	kvadratická hmotová nestejnoměrnost [%]
$CV_{lim} (U_{lim})$	limitní kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]
n	střední počet vláken v průřezu přádelnického produktu [-]
T	jemnost délkového přádelnického produktu [tex]
t	jemnost vláken [tex]
I	index nestejnoměrnosti [-]
$CV_{ef} (U_{ef})$	skutečně naměřená kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]
$CV_f (U_f)$	kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost [%]
$CV_s (U_s)$	kvadratická (lineární) strojová nestejnoměrnost [%]
$CV_{fn} (U_{fn})$	kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost výsledného produktu [%]
$CV_{fn-1} (U_{fn-1})$..	kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost předkládaného produktu [%]
$CV_{f0} (U_{f0})$	průměrná kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost jednoho předkládaného produktu [%]
D	družení na vstupu [-]
λ_i	střední vlnová délka i -tého kanálu [m]
λ_{i+1}	střední vlnová délka kanálu $i+1$ [m]
λ	vlnová délka harmonické složky hmotné nestejnoměrnosti [m]
d	průměr pravděpodobně vadného válečku [m]
P_v	průtah mezi výstupním válečkem a vadným válečkem [-]
n_f	frekvence otáčení vadného dílu stroje [1/min]
v	výstupní rychlost produktu ze stroje [m/min]
λ_f	vlnová délka extrémní amplitudy ve spektrogramu příze [m]
λ_m	naměřená střední délka vlny kupovitého spektra [m]
k_I	empirická konstanta [-]; pro pramen: $k = 4$, pro přízi: $k = (2,5-3)$

Hodnocení hmotové nestejnoměrnosti v rotorové přádelně

\bar{l}	střední délka vláken [m]
P	průtah následující po vadném průtahovém poli [-]
λ_{max}	vlnová délka odpovídající maximální amplitudě harmonických složek kolísání hmotné nestejnoměrnosti zjištěná ve spektrogramu příze [m]
$CV(L)$	gradient vnější hmotové nestejnoměrnosti [%]
$CV_u(L)$	gradient vnitřní hmotové nestejnoměrnosti [%]
CV_T	totální nestejnoměrnost v libovolném místě [%]
L_0	základní referenční délka [m]
v_l	variační koeficient délky vláken [-]
k_2	empirická konstanta [-]; pro chemická vlákna $k = 1$
L_i	délka úseku přádelnického produktu odpovídající i -tému stupni [m]
P_{i-1}	celkový průtah v rozsahu jednotlivých technologických stupňů [-]
$DR_{(x,y)}$	míra odchylek [%]
$\sum l_i$	součet délek všech odchylek, které překročily zvolenou hranici [m]
L_{TOT}	celková testovaná délka produktu [m]
H	chlupatost [-]
sh	směrodatná odchylka chlupatosti [-]

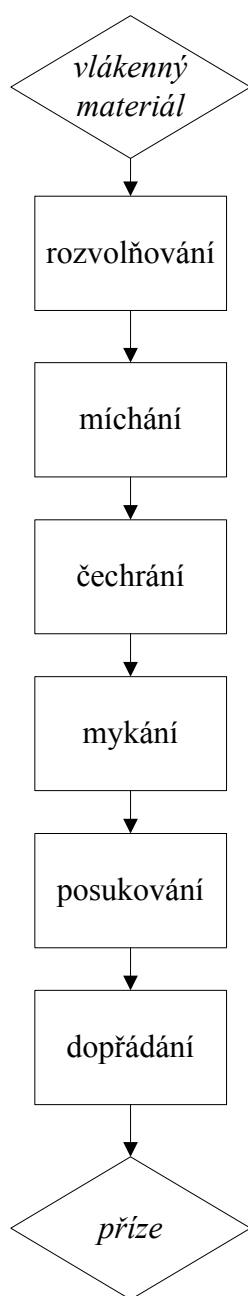
Úvod

Firma KTC Plavy je součástí německé společnosti Kümpers GmbH & Co. KG založené na konci 19. století. Zabývá se výrobou prstencové a rotorové bavlnářské příze, která se dále používá pro výrobu technických i oděvních textilií. Tato práce je zaměřena na 100% PES rotorovou přízi vyráběnou pod obchodním názvem SYNCROFIL. Dosahuje vysoké kvality, ovšem tkaniny z ní vyrobené vykazují horší vzhled než tkaniny vyrobené z příze konkurenční firmy.

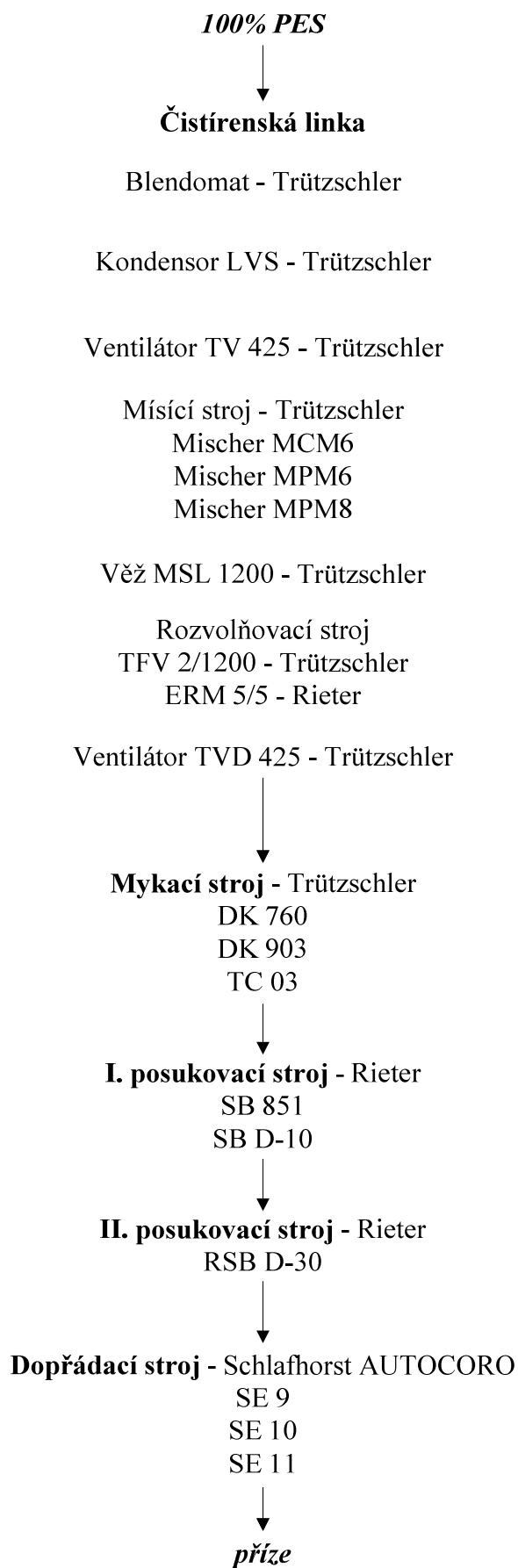
První část práce se zabývá bavlnářskou rotorovou technologií. Rozebírá jednotlivé technologické pasáže s přihlédnutím na vybavení firmy KTC Plavy. Druhá část je věnována teorii hmotové nestejnoměrnosti. Jsou zde popsány jak parametry, tak charakteristické funkce hmotové nestejnoměrnosti, princip jejich měření, způsob vyhodnocování a vliv jednotlivých stupňů rotorové technologie na nestejnoměrnost. Ve třetí části je popsán experiment. Dále je zde uvedeno zpracování spektrogramů, délkových variačních křivek a DR-funkcí a porovnání vybraných parametrů se standardy Uster Statistics 2007. Předposlední část se zabývá vyhodnocením poznatků získaných v předchozí kapitole. Shrnutí výsledků práce a doporučení, která by vedla ke zlepšení kvality příze, jsou obsahem části poslední.

1. Výroba bavlnářské příze rotorovou technologií

Výroba rotorových přízí se řadí mezi zkrácené spřádací technologie. Jak je znázorněno na obr. 1, po mykání a několika pasážích posukování následuje dopřádání, kdy dochází k výrobě příze přímo z posukovaného pramene. Jedná se o nekonvenční způsob dopřádání s oddělenými systémy zakrucování a navíjení. Na obr. 2 je znázorněno strojové vybavení rotorové přádelny KTC Plavy.



Obr. 1 Schéma výroby bavlnářské rotorové příze



Obr. 2 Schéma rotorové přádelny firmy KTC Plavy

1.1 Příprava materiálu k předení

Příprava materiálu k předení zahrnuje rozvolňování, čechrání, čištění a míchání. Tyto procesy od sebe nelze oddělit, neboť probíhají současně.

1.1.1 Rozvolňování

Vláknenná surovina se do přádelny dopraví slisovaná v balících. Je nutné ji nejprve rozdělit na menší chomáče, k tomu se používá automatický rozvolňovač balíků, případně rozvolňovací stroj se šikmým ohročeným pásem pro menší partie. Automatický rozvolňovač může být s vrchním, spodním nebo stranovým odběrem. V dnešní době se běžně používá vrchní odběr, kdy se rozvolňovací zařízení pohybuje nad řadou balíků a ozubený válec odebírá z jejich povrchu tenkou vrstvu materiálu. Odebírací rameno může být otočné, aby bylo možno rozvolňovat balíky uložené po obou stranách rozvolňovače a zajistit tak efektivnější promísení. [1], [2]

Firma KTC k tomuto účelu používá automatický rozvolňovač balíků Blendomat firmy Trützschler s otočným ramenem. Odebrané chomáče se dopravují pneumaticky potrubím k dalším strojům.

1.1.2 Míchání

Pro výrobu kvalitní příze se stálými vlastnostmi po celé délce je nutné materiál co nejlépe promíchat. Při přípravě pro předení jsou k tomuto účelu určeny mísící komory nebo šachtové mísící stroje, kde dochází k intenzivnímu promíchání díky rozdílnému způsobu ukládání a odebírání vláknenného materiálu a rozdílné délce dráhy od jednotlivých šachet k odebíracímu zařízení. [1], [2]

Firma KTC užívá šachtové mísící stroje Mischer MCM6, Mischer MPM6 a Mischer MPM8 s následným rozvolňovacím strojem. Pro dávkování malého množství materiálu je za mísícími agregáty umístěna MSL věž.

1.1.3 Čechrání a čištění

Při dalším zpracování je třeba hrubé chomáče rozvolnit na jemnější a odstranit z nich nečistoty. Při čechrání působí na vlákennou surovinu hroty válců. Úderem pracovních hrotů se chomáče rozpadnou na menší, nečistoty pak mohou vypadávat ven a být vyloučeny pomocí roštnic nebo proudu vzduchu. Rozlišujeme čechrání

- ve volném stavu – chomáče nejsou drženy podávacím ústrojím, čechradlem je unáší proud vzduchu (např. axiální čistička)
- v sevřeném stavu – materiál je pracovnímu orgánu podáván přiváděcími válci, jedná se o intenzivnější způsob čechrání, který následuje až po čechrání ve volném stavu (např. horizontální čechradlo)

V případě polyesterových vláken není znečištění tak velké jako u vláken přírodních. Hlavním účelem této operace je tedy surovinu intenzivně rozvláknit. [1], [2]

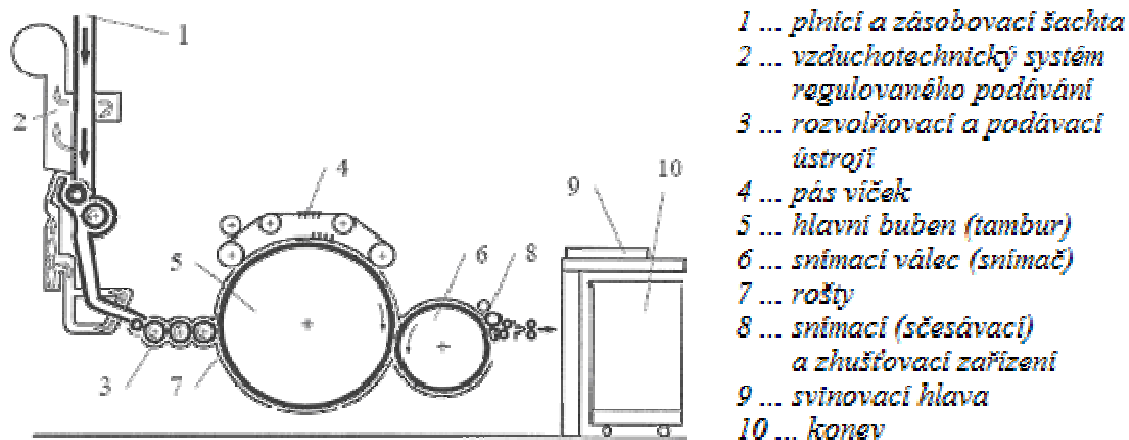
1.2 Mykání

Zvlášť v případě zkrácené technologie hraje mykání velmi důležitou úlohu. Jeho účelem je

- ➔ rozvláknit materiál
- ➔ odstranit nečistoty a krátká vlákna
- ➔ paralelizovat a napřímít vlákna
- ➔ promíchat vlákenný materiál
- ➔ zestejnoměrnit výsledný produkt
- ➔ vytvořit pavučinku a následně pramen.

Mykání lze podle typu zpracovávaného materiálu realizovat na víčkovém nebo válcovém mykacím stroji. Firma KTC vyrábí přízi bavlnářského typu, používá tedy víčkový mykací stroj (viz. obr. 3). Materiál je z čistírenské linky pneumaticky dopravován do zásobních šachet mykacích strojů. Z plnicí šachty je podáván soustavě rozvolňovacích válců, které jsou opatřeny postupně jemnějšími a hustšími povlaky. Dochází zde ke zmenšování vlákenných vloček a následnému vypadávání a odsávání nečistot. Rozvolněný vlákenný materiál je snímán tamburem a unášen k hlavnímu uzlu mykání, tj. uzel hlavní buben - víčka, kde probíhá vlastní mykání. Část materiálu je dále

snímána z povrchu tamburu snímačem a zhušťována v pavučinu. Ta je odebírána snímacím válečkem, příp. hřebenem, shrnována do pramene a ukládána do konve.



Obr. 3 Schéma víčkového mykacího stroje [2]

K mykání dochází díky vhodnému sklonu povlaků a rozdílným obvodovým rychlostem na sebe navazujících válců a víček. Povlaky většiny hlavních pracovních orgánů (rozvolňovač, hlavní buben, snímač) se vyrábí v současné době celokovové, pro víčka se používají drátkové nebo polotuhé. U víčkového mykacího stroje se setkáváme se dvěma polohami mezi pracovními povlaky, jsou to:

- poloha na mykání - mezi povlaky hlavního válce a víček, dále mezi povlaky hlavního válce a snímače
- poloha na snímání - mezi povlaky rozvolňovacího a hlavního válce a mezi povlakem snímače a snímacím ústrojím.

Moderní mykací stroje jsou vybaveny monitorovacím systémem, kde lze zjistit např. aktuální hodnoty rychlosti válců, kvadratickou hmotovou nestejnoměrnost a spektrogram vyráběného pramene. Využitím pevných víček a systému odsávání krátkých vláken a nečistot dochází ke zvýšení kvality mykání. Automatická výměna konví na výstupu umožňuje lepší využití stroje. Většina mykacích strojů je dnes vybavena regulací nestejnoměrnosti. [1], [2]

Firma KTC pro výrobu příze SYNCROFIL používá mykací stroje DK 903, DK 760 a TC 03 firmy Trützschler.

1.3 Posukování

Posukování zahrnuje dva vzájemně protikladné procesy: protahování, které obecně prohlubuje hmotovou nestejnoměrnost, a družení, které hmotovou nestejnoměrnost vyrovnává. Jeho účelem je:

- ➔ zjemnit předložený pramen
- ➔ paralelizovat vlákna, napřímit je a ještě lépe ojednotit
- ➔ vlivem družení promísit materiál a vyrovnat hmotovou nestejnoměrnost pramene
- ➔ připravit vhodnou předlohu pro následující stroj.

V bavlnářské technologii je průtah realizován pomocí válečkového průtahového ústrojí. K průtahu zde dochází díky zvyšujícím se obvodovým rychlostem válců ve směru průchodu materiálu. Spodní válečky jsou ocelové rýhované, horní přítlačné mají pryžový povlak. Počet horních a spodních válečků může být různý. Celkový průtah je členěn do několika pásem. Úkolem pásma předprůtahu je vlákna napřímit, následuje pásmo bez průtahu a dále hlavní průtah, kde dochází ke vzájemnému posuvu vláken a zjemňování produktu. Pro lepší kontrolu pohybu vláken jsou do průtahového pole vkládány kontrolní elementy jako např. přítlačná tyč.

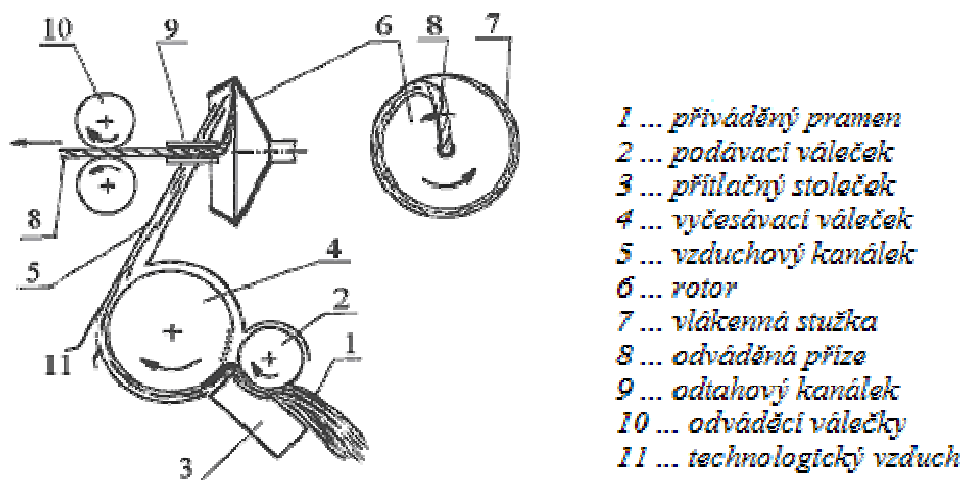
Moderní posukovací stroje jsou vybaveny monitorovacím systémem, systémem odsávání, automatickým vyrovnavačem nestejnoměrnosti na jedné pasáži a automatickou výměnou konví na výstupu. [2], [3]

Počet posukovacích pasáží závisí na vlákenném materiálu a technologii, kterou je příze vyráběna. V případě bavlnářské rotorové technologie jsou to dvě pasáže. Firma KTC používá posukovací stroje firmy Rieter: na první pasáži SB 851 a SB D10, na druhé pasáži RSB D30 s automatickým vyrovnavačem nestejnoměrnosti.

1.4 Dopřádání

Při výrobě rotorové příze následuje v technologii po protahování dopřádání často označované jako OE (open end) – dopřádání s volným koncem. Dochází k němu na bezvřetenovém rotorovém dopřádacím stroji, který se vyznačuje oddělením procesu

zakrucování a navíjení (viz. obr. 4). Jeho hlavními částmi jsou ojednocovací, zákrutové, odtahové a navíjecí ústrojí.



Obr. 4 Schéma spřádací jednotky rotorového dopřádacího stroje [2]

Ojednocovací ústrojí

Do spřádací jednotky je pramen přiváděn zhušťovačem. V oblasti podávání se původní průřez pramene mění v obdélníkový s pokud možno rovnoměrnou hustotou vláken. Podávací váleček a přítlačný stoleček zajišťují podávání vláken vyčesávacímu válečku. Ten je opatřen celokovovým povlakem, jehož pomocí vyčesává jednotlivá vlákna nebo skupiny vláken. V tomto místě dochází k vysokému průtahu. Vlákna jsou dále válečkem unášena ke vzduchovému kanálu, kde jsou vlivem odstředivé síly, proudu vzduchu a oddělovacího nože snímána a usměrňována do vzduchového kanálu. Proud vzduchu ve vzduchovém kanálu dopraví vlákna ke skluzové stěně rotoru.

Zákrutové ústrojí

V rotoru jsou vlákna usměrňována separátorem a dopadají na skluzovou stěnu. Vlivem odstředivé síly se dále posouvají po kuželové stěně ke sběrnému povrchu, kde se vytváří stužka vláken, která se díky otáčení rotoru přikrucuje na volný konec příze. Důležitým jevem v případě rotorového předení je cyklické družení. Dochází k němu při tvorbě vláknenné stužky tím, že se sdružují krátké úseky vláknenného toku, které jsou od sebe délkově vzdáleny o hodnotu obvodu sběrného povrchu. Z tohoto důvodu pak dochází ke zlepšení stejnoměrnosti na krátkých vlnových délkách.

Odtahové a navíjecí ústrojí

Příze je z rotoru odváděna odtahovými válci konstantní rychlostí, aby byla zajištěna stálá jemnost a počet zákrutů. Pomocí navíjecího válce a rozvaděče se navíjí na válcovou nebo kuželovou cívku s křížovým vinutím. Jedná se o dostatečně velký návin, takže se příze nemusí přesoukávat. Z důvodu sklonu ke smyčkování se upravuje fixací zkrutu.

Moderní rotorové dopřádací stroje jsou vybaveny automatickým zapřádáním při spouštění stroje, likvidací přetrhů a výměnou koncových cívek. Každá jednotka je opatřena monitorovacím systémem (počet přetrhů, otáčky jednotlivých částí) a hlavou USTER (hodnoty CV, spektrogram příze). [2], [3]

Firma KTC je vybavena stroji firmy Schlafhorst AUTOCORO SE 9, SE 10 a SE 11.

2. Hmotová nestejnoměrnost

Hmotová nestejnoměrnost vyjadřuje kolísání hmoty vláken v průřezu nebo na určitých délkových úsecích vlákenného produktu. Je velmi významnou vlastností, se kterou souvisí i další vlastnosti příze jako např. pevnost, tažnost, zákrut. Má vliv na vzhled plošných textilií, kde se může projevit ve formě mrakovitosti, pruhovitosti či moiré efektu. [1], [4]

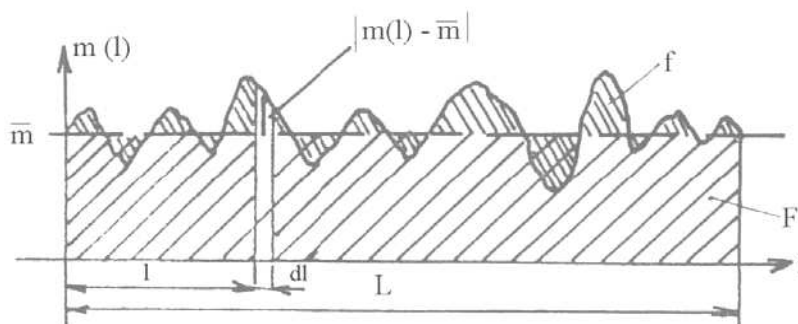
2.1 Parametry hmotové nestejnoměrnosti

Parametry souhrnně popisují hmotovou nestejnoměrnost přádelnických produktů jedním číslem, řadí se mezi ně:

- Lineární hmotová nestejnost U [%]
- Kvadratická hmotová nestejnoměrnost CV [%]
- Limitní hmotová nestejnoměrnost CV_{lim} [%], U_{lim} [%]
- Index nestejnoměrnosti I [-]
- Výrobní nestejnoměrnost CV_f [%], U_f [%]
- Strojová nestejnoměrnost CV_m [%], U_m [%]
- DR (Deviation Rate) [%]

2.1.1 Lineární hmotová nestejnoměrnost

Lineární hmotová nestejnoměrnost je střední lineární odchylka od střední hodnoty hmotnosti délkového úseku vlákenného útvaru.



Obr. 5 Střední lineární nestejnoměrnost U [1]

Z obr. 5 lze vyjádřit

$$f = \int_0^L |m(l) - \bar{m}| dl \quad (1)$$

$$F = \bar{m} \cdot L \quad (2)$$

kde f plocha mezi křivkou $m(l)$ a \bar{m}

F plocha pod hodnotou \bar{m} na délce L

$m(l)$.. okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu
[kg]

\bar{m} střední hodnota hmotnosti [kg]

L délka úseku [m]

Lineární hmotová nestejnoměrnost je určena vztahem

$$U = \frac{f}{F} \cdot 100 \quad (3)$$

Po dosazení získáme

$$U = \frac{100}{\bar{m}} \cdot \frac{1}{L} \int_0^L |m(l) - \bar{m}| dl \quad (4)$$

[1], [4]

2.1.2 Kvadratická hmotová nestejnoměrnost

Kvadratická hmotová nestejnoměrnost představuje variační koeficient hmotnosti délkových úseků vlákenného útvaru. Je definována vztahem:

$$CV = \frac{100}{\bar{m}} \cdot \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L (m(l) - \bar{m})^2 dl} \quad (5)$$

kde CV ... kvadratická hmotová nestejnoměrnost [%]

$m(l)$.. okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu
[kg]

\bar{m} střední hodnota hmotnosti [kg]

L délka úseku [m]

V případě normálního rozdělení hodnot U a CV je lze mezi sebou přepočítat dle vztahu

$$CV = 1,25 \cdot U \quad U = 0,8 \cdot CV \quad (6)$$

[1], [4]

2.1.3 Limitní hmotová nestejnoměrnost

Limitní hmotová nestejnoměrnost je teoreticky nejnižší možná nestejnoměrnost. Vyplyývá z náhodného uspořádání vláken v přádelnickém produktu a z variability samotných vláken. Lze ji vyjádřit pomocí základního Martindaleova vztahu

$$CV_{lim} = \frac{100}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

kde CV_{lim} limitní kvadratická nestejnoměrnost [%]

n střední počet vláken v průřezu přádelnického produktu [-]

Střední počet vláken lze vypočítat dle vztahu

$$n = \frac{T}{t} \quad (8)$$

kde T jemnost délkového přádelnického produktu [tex]

t jemnost vláken [tex]

Pro lineární limitní hmotovou nestejnoměrnost pak platí

$$U_{lim} = \frac{80}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Vztahy (7) a (9) lze použít za předpokladu, že vlákna v přádelnickém produktu jsou rozměrově a geometricky stejná. Přírodní vlákna vykazují značnou vlastní nestejnoměrnost, je tedy nutné zohlednit i variační koeficient průřezu či průměru vlákna. V případě chemických vláken lze tyto variační koeficienty zanedbat. [1], [4]

2.1.4 Index nestejnoměrnosti

Index nestejnoměrnosti vyjadřuje, jak se reálný přádelnický produkt z hlediska nestejnoměrnosti odchyluje od ideálního. Je tedy měřítkem dokonalosti přádelnického procesu a kvality vlákenného produktu. Vypočte se dle vztahu

$$I = \frac{CV_{ef}}{CV_{lim}} = \frac{U_{ef}}{U_{lim}} \quad (10)$$

kde I index nestejnoměrnosti [-]

$CV_{ef}(U_{ef})$ skutečně naměřená kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

$CV_{lim}(U_{lim})$... limitní kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

V ideálním případě by se index nestejnoměrnosti $I = 1$, v praxi je však vyšší. Jeho hodnota závisí na počtu vláken v průřezu vlákenného produktu. Pro prameny se pohybuje v rozmezí (5 – 8), pro příze pak (1,2 – 1,7). [1], [4]

2.1.5 Výrobní nestejnoměrnost

Výrobní nestejnoměrnost vyjadřuje nestejnoměrnost, kterou v přádelnickém produktu zapříčinil výrobní proces. Lze ji zjistit pomocí vztahu

$$CV_f = \sqrt{CV_{ef}^2 - CV_{lim}^2} \quad (11)$$

analogicky

$$U_f = \sqrt{U_{ef}^2 - U_{lim}^2} \quad (12)$$

kde $CV_f(U_f)$ kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost [%]

$CV_{ef}(U_{ef})$ skutečně naměřená kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

$CV_{lim}(U_{lim})$ limitní kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

[1], [4]

2.1.6 Strojová nestejnoměrnost

Nestejnoměrnost, kterou do přádelnického produktu vložil určitý stroj, označujeme jako strojovou.

$$CV_s = \sqrt{CV_{fn}^2 - CV_{fn-1}^2} \quad (13)$$

analogicky

$$U_s = \sqrt{U_{fn}^2 - U_{fn-1}^2} \quad (14)$$

kde $CV_s(U_s)$ kvadratická (lineární) strojová nestejnoměrnost [%]

$CV_{fn}(U_{fn})$ kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost výsledného produktu [%]

$CV_{fn-1}(U_{fn-1})$..kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost předkládaného produktu [%]

Dochází-li na vstupu do stroje k družení, výrobní nestejnoměrnost předkládaného materiálu lze zjistit dle vztahu

$$CV_{fn-1} = \frac{CV_{f0}}{\sqrt{D}} \quad (15)$$

analogicky

$$U_{fn-1} = \frac{U_{f0}}{\sqrt{D}} \quad (16)$$

kde $CV_{f0} (U_{f0})$...průměrná kvadratická (lineární) výrobní nestejnoměrnost jednoho předkládaného produktu [%]

Ddružení na vstupu [-]

[1], [4]

2.2 Charakteristické funkce

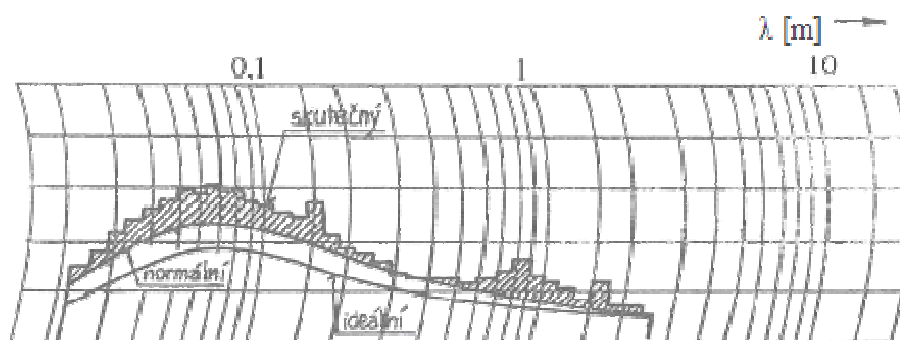
Hmotovou nestejnoměrnost lze také popsat charakteristickými funkcemi, které navíc umožňují analyzovat příčiny nestejnoměrnosti. Jsou to:

- Spektrogram
- Délková variační křivka
- DR-funkce (Deviation Rate)

2.2.1 Spektrogram

Spektrogram je amplitudový záznam harmonických složek kolísání hmoty přádelnického produktu v závislosti na vlnové délce periodické nestejnoměrnosti. Jeho analýzou lze zjistit příčinu periodické nestejnoměrnosti, tedy určit vadné místo na stroji, které nestejnoměrnost zanáší. Na obr. 6 jsou zobrazeny tři druhy spekter:

- ideální - spektrum ideálního produktu (produktu s limitní nestejnoměrností)
- normální - spektrum bezvadného produktu
- skutečné - spektrum reálného měřeného produktu



Obr. 6 Ideální, normální a reálné spektrum [1]

Spektrogram je tvořen určitým počtem pásem (kanálů). Každé pásmo je charakterizováno střední vlnovou délkou a střední velikostí amplitudy. Poměr středních vlnových délek příslušejících sousedním kanálům je

$$\frac{\lambda_{i+1}}{\lambda_i} = \sqrt[10]{2} \doteq 1,07 \quad (17)$$

kde λ_i střední vlnová délka i-tého kanálu [m]

λ_{i+1} ... střední vlnová délka kanálu i+1 [m]

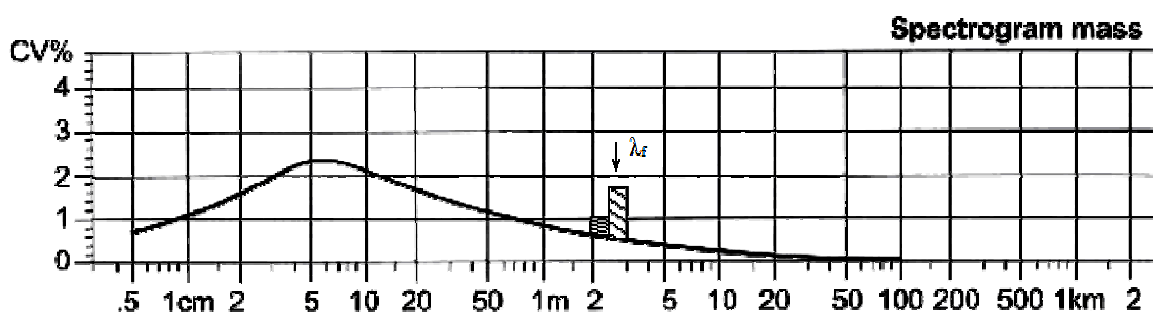
Při analýze spektrogramu se lze setkat se závadami, které se projevují dvěma formami:

- charakteristické spektrum
- kupovité spektrum

[1]

2.2.1.1 Charakteristické spektrum (komíny)

Příčinou charakteristického spektra jsou mechanické závady na stroji (např. vyosený váleček průtahového ústrojí, poškozený povlak mykacího stroje), které periodicky působí na přádelnický produkt. Následkem tohoto působení dochází k zesílení či zeslabení průřezu produktu na délkách od sebe stejně vzdálených. Ve spektrogramu se pak projeví zvýšením amplitudy na dané vlnové délce (viz. obr. 7).



Obr. 7 Charakteristické spektrum [5]

Pro vyhodnocení charakteristického spektra lze použít metodu výpočtovou nebo frekvenční.

a) metoda výpočtová

Metoda výpočtová se používá, pokud máme podezření, že určitá část stroje je zdrojem závady. Nejprve se na základě vlnové délky ze spektrogramu dle vztahu (18) vypočte průtah, který následuje po vadné součásti. Porovná se s průtahem skutečným, a pokud si odpovídají, je tato součást příčinou zvýšené amplitudy.

$$\lambda = \pi \cdot d \cdot P_v \quad (18)$$

kde λ vlnová délka harmonické složky hmotné nestejnoměrnosti [m]

d průměr pravděpodobně vadného válečku [m]

P_v průtah mezi výstupním válečkem a vadným válečkem [-]

b) metoda frekvenční

Tato metoda vychází z předpokladu, že se vada v přádelnickém produktu objevuje se stejnou frekvencí, jaká přísluší součásti, jež ji zanesla. Spočívá ve výpočtu frekvence vady dle vztahu (19) a následném vyhledání pracovních orgánů stroje se shodnými frekvencemi otáčení.

$$n_f = \frac{v}{\lambda_f} \quad (19)$$

kde n_f frekvence otáčení vadného dílu stroje [1/min]

v výstupní rychlost produktu ze stroje [m/min]

λ_f vlnová délka extrémní amplitudy ve spektrogramu příze [m]

Pro určení vadných součástí stroje předcházejícího dopřádacímu stroji lze odvodit vztah

$$n_{f2} = \frac{v_2}{\lambda_f} \cdot P_{DS} \quad (20)$$

kde n_{f2} frekvence vadného dílu předchozího stroje [1/min]

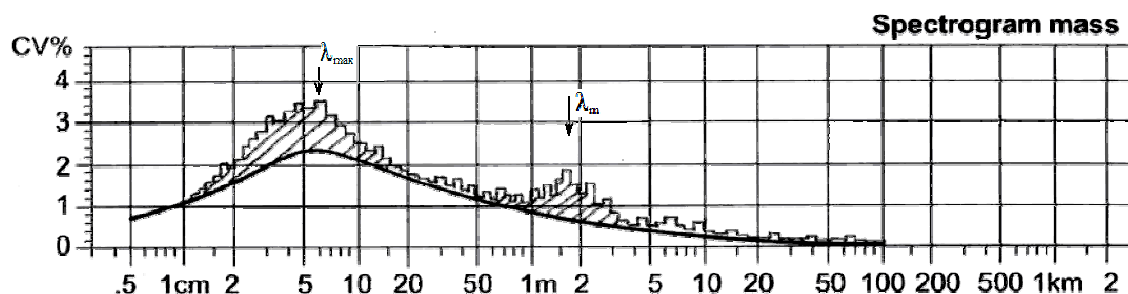
v_2 výstupní rychlost produktu z předchozího stroje [m/min]

P_{DS} ... průtah dopřádacího stroje [-]

[1], [4]

2.2.1.2 Kupovité spektrum

Kupovité spektrum (obr. 8) má příčinu v nesprávné kontrole vláken v průtahovém poli. Nejedná se o ryze periodické kolísání hmoty s extrémní amplitudou na jedné vlnové délce, amplitudy jsou zde zvýšené na určitém rozsahu vlnových délek.



Obr. 8 Kupovité spektrum [5]

Při vyhodnocování kupovitého spektra se nejprve určí střední délka vlny λ_m . Dle vztahu (21) se pak vypočte průtah následující po vadném průtahovém poli a porovná se s průtahy skutečnými.

$$\lambda_m = k_1 \cdot \bar{l} \cdot P \quad (21)$$

kde λ_m naměřená střední délka vlny kupovitého spektra [m]

k_1 empirická konstanta, pro pramen $k_1 = 4$, pro přízi $k_1 = (2,5-3)$

\bar{l} střední délka vláken [m]

P průtah následující po vadném průtahovém poli [-]

Střední délku vláken lze zjistit na základě tvaru spektrogramu příze pomocí vztahu

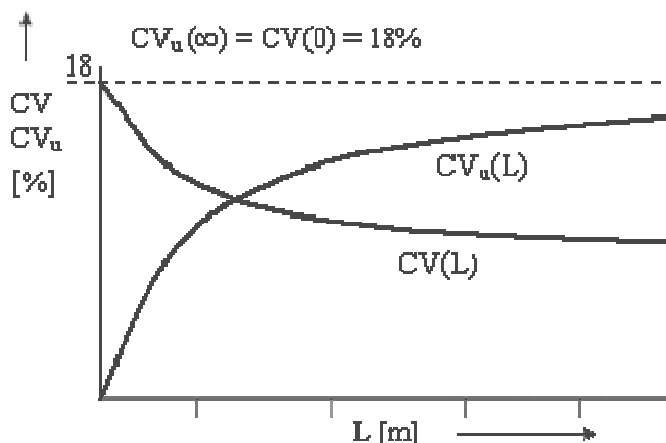
$$\bar{l} = \frac{\lambda_{\max}}{2,7} \quad (22)$$

kde λ_{\max} vlnová délka odpovídající maximální amplitudě harmonických složek kolísání hmotné nestejnoměrnosti zjištěná ze spektrogramu příze [m]

[1], [4]

2.2.2 Délková variační křivka (gradient nestejnoměrnosti)

Rozlišuje se gradient vnitřní a vnější hmotové nestejnoměrnosti, jejich průběhy jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. 9 Gradient vnější a vnitřní hmotové nestejnoměrnosti [4]

$CV(L)$ gradient vnější hmotové nestejnoměrnosti [%], vyjadřuje variabilitu hmotnosti mezi úseky délky L .

$CV_u(L)$ gradient vnitřní hmotové nestejnoměrnosti [%], vyjadřuje variabilitu uvnitř úseků délky L . Dnes už se nepoužívá.

Mezi oběma gradienty existují následující vztahy:

$$CV(0) = CV_u(\infty) = CV_T \quad (23)$$

$$CV_u(0) = CV(\infty) = 0 \quad (24)$$

$$CV_T = \sqrt{CV_u(L) + CV(L)} \quad (25)$$

kde CV_T totální nestejnoměrnost v libovolném místě [%]

Délková variační křivka vyjadřuje závislost vnější hmotové nestejnoměrnosti na délce úseku vlákného produktu. Zobrazuje vliv jednotlivých technologických stupňů na neperiodickou hmotovou nestejnoměrnost příze. [1], [4]

2.2.2.1 Vyhodnocení délkové variační křivky

Délková variační křivka je zobrazována v logaritmických souřadnicích. Při jejím vyhodnocování se porovnává reálná naměřená křivka s křivkou limitní. Určí se délka úseku a následně stroj, na kterém nestejnoměrnost vznikla. Limitní délkovou variační křivku lze stanovit výpočtovou nebo zjednodušenou metodou.

a) metoda výpočtová - vychází z empirických vztahů

$$CV(L) = CV_{lim} \cdot \sqrt{1 - \frac{L}{3\bar{l}}} \quad \text{pro } L \leq \bar{l} \quad (26)$$

$$CV(L) = CV_{lim} \cdot \sqrt{\frac{\bar{l}}{L} - \frac{\bar{l}^2}{3L^2}} \quad \text{pro } L > \bar{l} \quad (27)$$

$$CV(L) = CV_{lim} \cdot \sqrt{\frac{\bar{l}}{L}} \quad \text{pro } L \geq 6\bar{l} \quad (28)$$

kde $CV(L)$... gradient vnější hmotové nestejnoměrnosti [%]

CV_{lim} limitní kvadratická nestejnoměrnost [%]

L délka úseku [m]

\bar{l} střední délka vláken [m] (viz. vztah (22))

b) metoda zjednodušená - je odvozena z metody výpočtové. Zlogaritmováním a úpravou vztahu (28) získáme

$$\log CV(L) = -\frac{1}{2} \log L + \log CV_{lim} + \frac{1}{2} \log \bar{l}, \quad (29)$$

což je rovnice přímky se směrnici $k = \tan \alpha = -0,5$

$$\alpha = -26,5^\circ.$$

Limitní délková variační křivka se tedy do grafu sestrojí jako přímka procházející

bodem $O = \left[L = 1m, CV(1) = \frac{100}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\bar{l}} \right]$ pod úhlem $\alpha = -26,5^\circ$.

Přiblížení reálné křivky k ideální signalizuje zlepšení nestejnoměrnosti, v opačném případě nastalo její zhoršení. Pomocí metody Grosberg-Melatinzsky lze určit stroj, na kterém ke změně nestejnoměrnosti došlo. Vychází se přitom z předpokladu, že největší nestejnoměrnost vzniká na krátkých úsecích, jejichž délka je omezena základní referenční délkou L_0 .

$$L_0 = \bar{l} \cdot (1 + v_l) = k_2 \cdot \bar{l} \quad (30)$$

kde L_0 základní referenční délka [m]

\bar{l} střední délka vláken [m]

v_l variační koeficient délky vláken [-]

k_2 empirická konstanta, pro chemická vlákna $k_2 = 1$

Vlivem průtahu na následujících strojích se tato základní délka zvětšuje. Pomocí vztahu (31) lze tedy zjistit délku odpovídající i -tému technologickému stupni

$$L_i = L_0 \cdot P_{i-1} \quad (31)$$

kde L_i délka úseku přádelnického produktu odpovídající i -tému stupni [m]

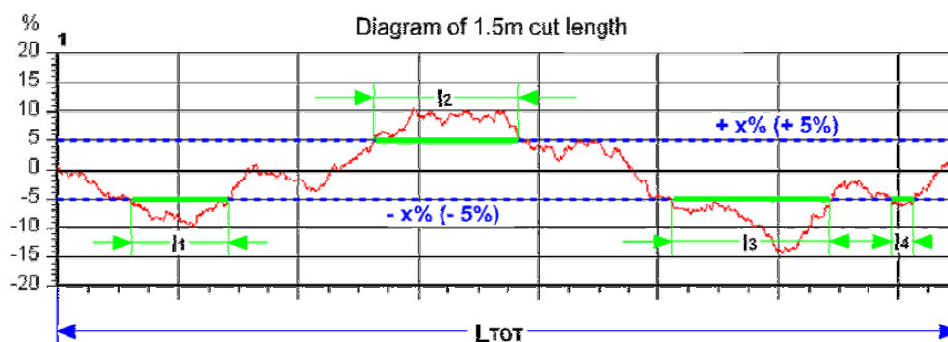
L_0 základní referenční délka [m]

P_{i-1} celkový průtah v rozsahu jednotlivých technologických stupňů [-]

Pokud délka úseku, na kterém došlo k odklonu od limitní délkové variační křivky, odpovídá vypočtené délce L_i , lze usuzovat, že právě i -tý technologický stupeň je příčinou prohloubení nestejnoměrnosti. [1], [4]

2.2.3 DR-funkce (Deviation Rate = míra odchylek)

Míra odchylek, jak je znázorněno na obr. 10, vyjadřuje celkovou relativní délku všech odchylek hmoty, které překročily nastavené meze, vztaženou ku celkové testované délce proměřené příze.



Obr. 10 Diagram se střížnou délkou 1,5m [5]

Vypočte se dle vztahu

$$DR_{(x,y)} = \frac{\sum l_i}{L_{TOT}} \cdot 100 \quad (32)$$

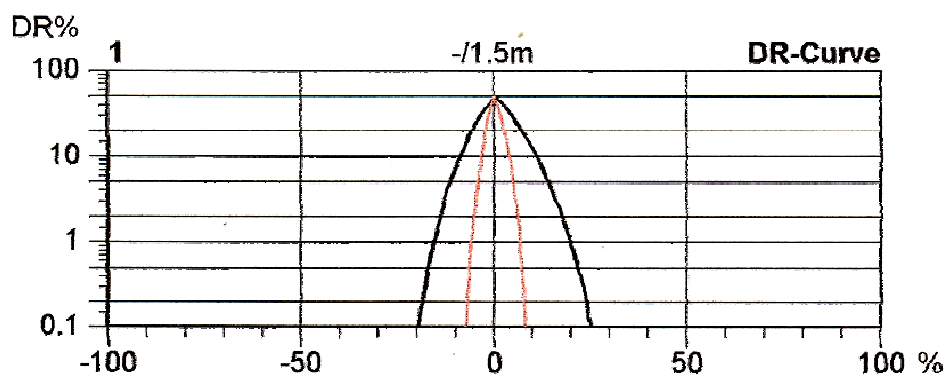
kde $DR_{(x,y)}$... míra odchylek [%]

$\sum l_i$ součet délek všech odchylek, které překročily zvolenou hranici [m]

L_{TOT} celková testovaná délka produktu [m]

Hodnota DR je závislá jak na nastavených mezích x [%], tak na střížné délce y [m].

Tyto parametry se standardně volí $x = \pm 5\%$, $y = 1,5\text{m}$.



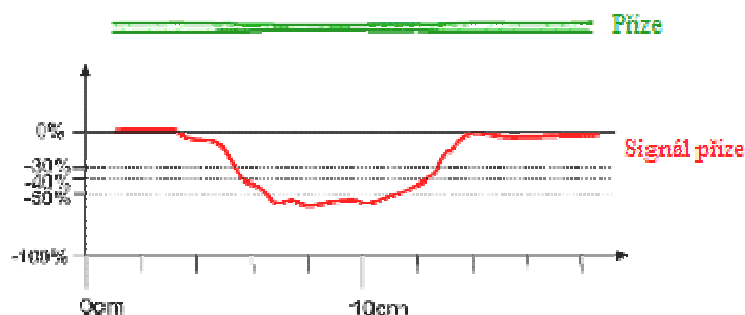
Obr. 11 DR-křivky se střížnou délkou 1cm a 1,5m

Na obr. 11 je uveden příklad výsledné DR-křivky. Vnější křivka vždy představuje míru odchylek se střížnou délkou 1cm. Střížná délka vnitřních křivek je uvedena nad grafem, musí se nastavit před měřením. Hodnotě 0% odchylky hmoty vždy přísluší míra odchylky 50%, neboť 50% celkové délky proměřené příze je nad a pod průměrnou hodnotou. Při vyhodnocování DR-křivek platí, že čím jsou užší a symetričtější, tím je příze stejnoměrnější. [5]

2.3 Druhy vad v přízi

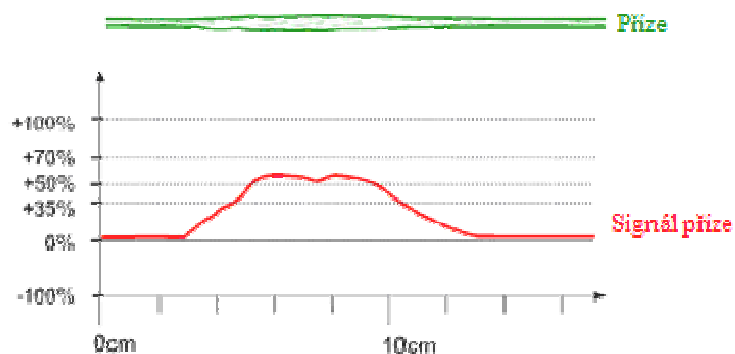
Kvalita příze není dána jen úrovní parametrů hmotové nestejnoměrnosti, ale také vadami, které se v přízi vyskytují. Při měření hmotové nestejnoměrnosti zařízením Uster Tester se zjišťuje jejich počet na 1km délky příze. Z hlediska velikosti (změna příčného řezu a délka) a četnosti rozlišujeme dva druhy vad

- imperfekta - relativně časté a ne příliš výrazné, patří sem slabá místa, silná místa, nopky
- rušivé vady - extrémní, ale ne časté, odstraňují se zařízením Uster Classimat při soukání



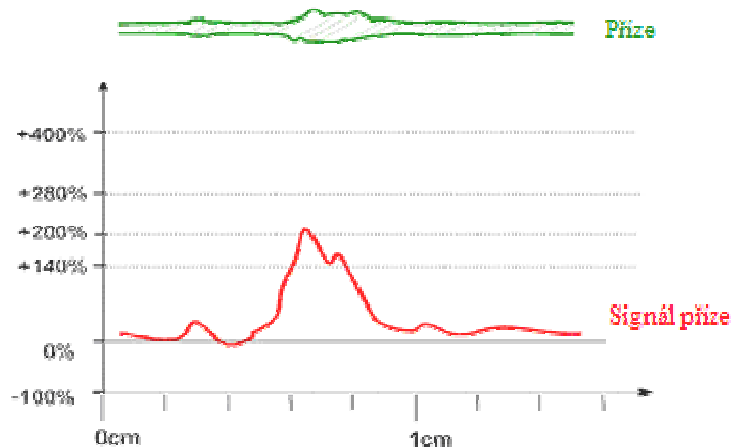
Obr. 12 Slabé místo příze a jeho odpovídající signál [5]

Meze pro slabá místa (viz. obr. 12) se obvykle nastavují na 30, 40, 50, max. na 60% úbytku příčného řezu.



Obr. 13 Silné místo příze a jeho odpovídající signál [5]

Za silné místo (obr. 13) se pokládá místo, kde na určité minimální délce příze (např. u bavlny 30mm) překročil nárůst hmoty hranici 35, 50, 70 nebo maximálně 100%. Silná i slabá místa mají příčinu v nedokonalém průtahu.

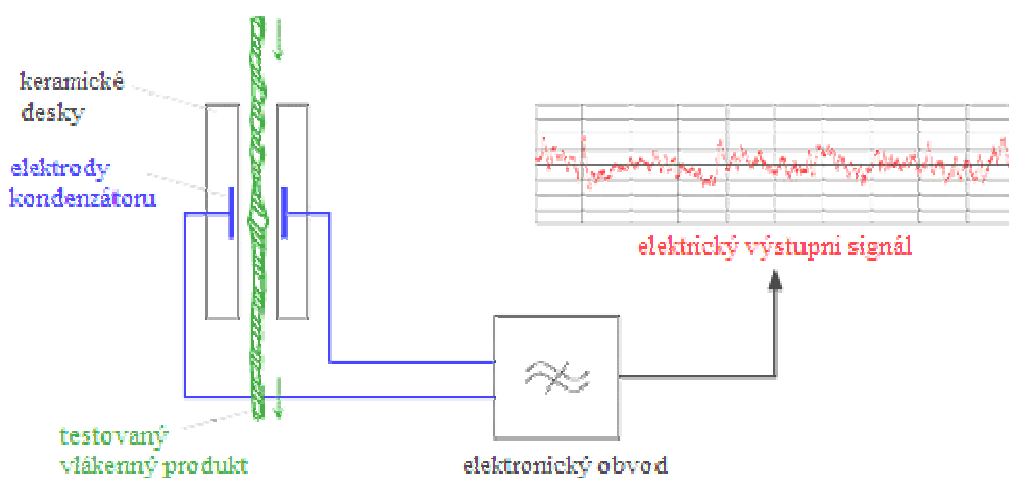


Obr. 14 Nopek a jeho odpovídající signál [5]

Nopky (obr. 14) jsou důsledkem chyby při mykání, kdy nedošlo k dostatečnému ojednocení vláken. Za nopek se považuje vada, jejíž délka nepřekročila 4mm a nárůst příčného průřezu je vyšší 140, 200, 280, 400%. U rotorové příze se zpravidla používá hranice 280%. [1], [4], [5]

2.4 Princip měření hmotové nestejnoměrnosti

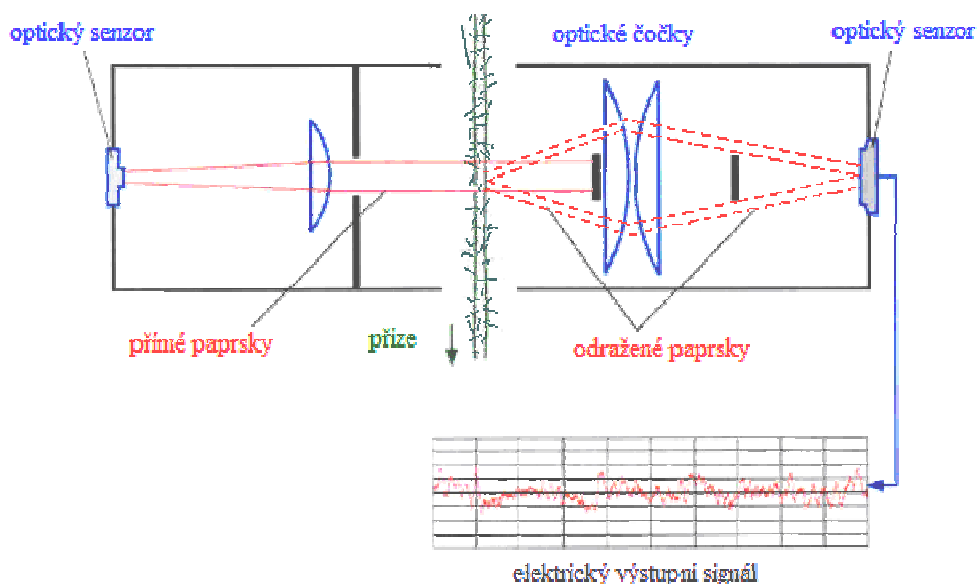
Firma Zellweger Uster využívá k měření hmotové nestejnoměrnosti na svých přístrojích kapacitního principu. Vláknový materiál je veden mezi deskami kondenzátoru, kde působí vysokofrekvenční elektrické pole. Změna hmoty mezi deskami vyvolá přiměřenou změnu elektrického signálu, podle toho se mění výstupní signál, který je zpracován na počítači. Výstupní signál je zaznamenáván do diagramu. Obsahuje velké množství informací potřebných k sestavení spektrogramu, stanovení hodnot U a CV nebo počtu imperfekt. [5]



Obr. 15 Princip měření na přístroji Uster-Tester [5]

2.5 Chlupatost

Chlupatost H [-] vyjadřuje délku odstávajících vláken v [cm] na jednom centimetru délky příze. Měření (znázorněno na obr. 17) je založeno na fotometrickém principu, kdy je příze prosvětlována infračerveným monochromatickým zářením. Odstávající vlákna část záření odrazí a rozptýlí. Soustavou optických čoček jsou rozptýlené paprsky směřovány k senzoru. Elektrický výstupní signál úměrný intenzitě světla odraženého odstávajícími vlákny je zpracován na počítači. Přímé paprsky dopadají na přízi, případně na stínítko, a nejsou senzorem zachyceny.



Obr. 16 Princip měření chlupatosti [5]

Protože se každé barvivo vyznačuje jinou schopností absorbovat infračervené světlo, je výsledek měření v určité míře ovlivněn i barvou příze. Výsledná chlupatost barevné příze nabývá nižších hodnot než je tomu u příze bílé. Z tohoto důvodu je vhodné porovnávat mezi sebou příze stejné barvy.

Kromě chlupatosti vyhodnocuje aparatura Uster Tester také směrodatnou odchylku chlupatosti sh [-], která vyjadřuje variabilitu chlupatosti úseků dlouhých 1 cm.

[5]

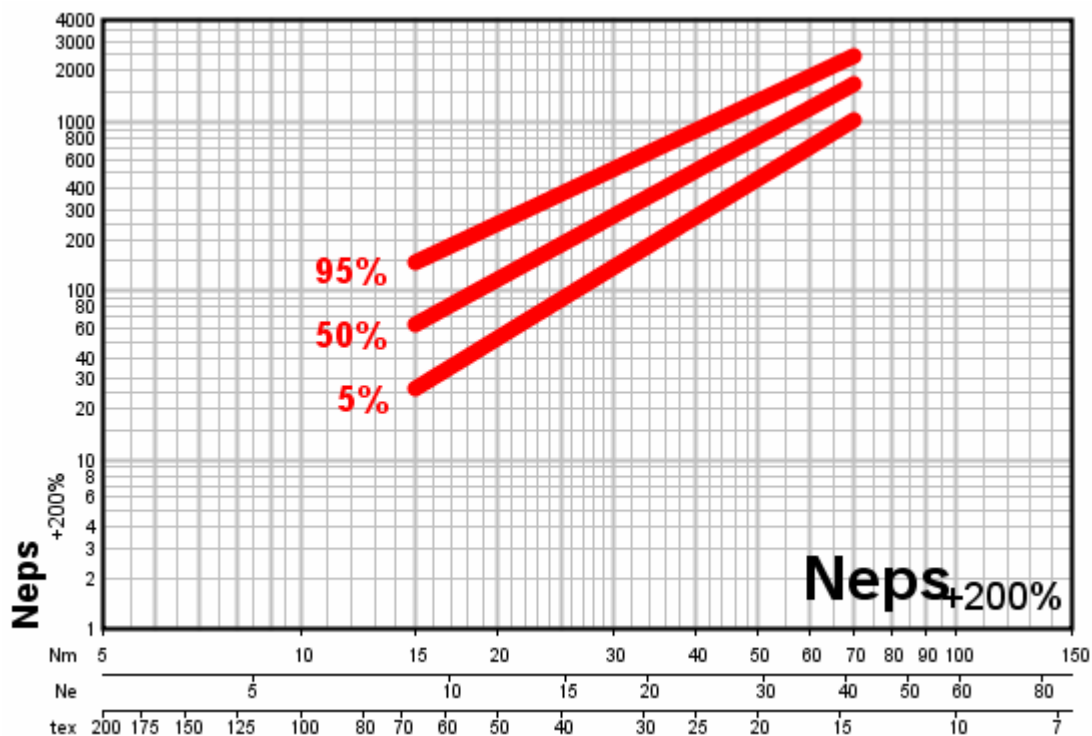
2.6 Standardy Uster Statistics 2007

Pro vyhodnocení parametrů hmotové nestejnoměrnosti, chlupatosti a tzv. imperfekt se používají standardy Uster Statistics. Slouží k porovnání námi naměřených parametrů hmotové nestejnoměrnosti přízí, přástů a pramenů s produkty stejného typu a jemnosti dalších světových výrobců.

Standardy (příklad viz. obr. 17) zobrazují závislost parametru na jemnosti produktu. Křivky 5, 25, 50, 75 a 95% představují kumulativní četnosti celosvětově naměřených parametrů a vyjadřují, kolik procent světové produkce dosahuje stejné nebo lepší kvality. Protože standardy Uster Statistics vznikly zpracováním dat získaných na různých typech aparatur firmy Uster Tester a porovnávají se s hodnotami

naměřenými na jiném přístroji, doporučuje se před srovnáním se standardy rozšířit intervaly spolehlivosti parametrů CV_m , H a sh o 2% a vad o 10% průměrné hodnoty.

[4], [5]



Obr. 17 Ukázka Uster Statistics 2007[6]

2.7 Vliv technologie na hmotovou nestejnoměrnost příze

Každý technologický stupeň určitým způsobem ovlivňuje hmotovou nestejnoměrnost výsledné příze a celý výrobní proces prolínají operace, jejichž účelem je vlákenný produkt zestejnoměrnit.

Základem dobré úrovně hmotové nestejnoměrnosti je v rámci přípravy pro předení rozvolnit chomáče vláken na co nejmenší a v případě různorodého materiálu ho intenzivně promíchat. Dále na mykacím stroji navíc dochází vlivem působení povlaků ke snižování počtu vláken ve svazcích a částečnému ojednocování.

Největší vliv na hmotovou nestejnoměrnost přádelnického produktu má protahování a družení. Jedná se o vzájemně protikladné procesy, které jsou součástí pasáže posukování. Průtah obecně prohlubuje hmotovou nestejnoměrnost. Materiál, který ještě není dostatečně ojednocen, se pohybuje průtahovými poli ve formě určitých

komplexů, jakýchsi dlouhých silných vláken. Jednotlivá vlákna jsou tedy unášena vlivem mezivlákněných sil rychlostí následujících válců dříve, než se dostanou do jejich svěru. Z tohoto důvodu nedochází k ideálnímu průtahu. V důsledku protahování se také projeví tzv. latentní nestejnoměrnost. Jedná se o kolísání hmoty na velmi krátkých délkách, jež měřicí aparatura nemůže zaznamenat. Vlivem následného průtahu se pak tyto složky posunou do oblasti měřitelné. Průtahová ústrojí prohlubují zejména nestejnoměrnost na krátkých vlnových délkách, nestejnoměrnost na větších délkách je dána hlavně předlohou. Družením naopak obecně dochází k vyrovnaní nestejnoměrnosti. Je využito statisticky náhodného setkávání různě silných úseků pramene. Takto lze vyrovnat i nestejnoměrnost na velmi krátkých úsecích, kterou není schopna vyrovnat regulace.

Na vstupu do rotorového dopřádacího stroje se nachází ojednocovací ústrojí, které z předkládaného pramene vyčesává shluky vláken nebo vlákna samotná. Prohlubuje tak míru ojednocení, což je z hlediska stejnoměrnosti příznivé. Vysoký průtah pak zanáší složky nestejnoměrnosti vyvolané předchozími pasážemi do oblasti velmi dlouhých vlnových délek, kde už nejsou pro úroveň nestejnoměrnosti tak nebezpečné. Dalším významným aspektem rotorového dopřádacího stroje je cyklické družení. Jeho principem je družení velmi krátkých vlákněných úseků. Hmotová nestejnoměrnost rotorové příze je tedy eliminována hlavně na krátkých úsečkách, nestejnoměrnost na dlouhých úsečkách je však určena především předlohou.

V současné době je předmětem mnoha výzkumných prací snaha zkrátit technologické procesy (zvláště vynecháním pasáže posukování) a přitom zachovat kvalitu výsledné příze. Vyvíjí se regulační systémy, které však vyrovnávají nestejnoměrnost jen od určité délky, nelze jimi tedy plně nahradit družení.

3. Experiment

Experiment byl realizován na aparatuře Uster Tester 4-SX (viz. obr. 18) v laboratoři firmy KTC Plavy. Měření nebylo náročné. Sestávalo z nastavení parametrů příze či pramene, doby a rychlosti měření (viz. tab. 1), výběru příslušných výstupních protokolů a navedení produktu soustavou vodících oček mezi měřicí desky kondenzátoru.



Obr. 18 Uster Tester 4-SX

Příze SYNCROFIL je vyráběna ze 100% PES vláken o jemnosti (1,4 – 1,5) dtex a délce (38 – 40) mm. Pro měření bylo vybráno sedm jemností příze (viz. tab. 1), od každé jemnosti deset vzorků. Dále byly proměřeny prameny z téhož materiálu ze tří prvních a tří druhých posukovacích strojů, z každého stroje po třech vzorcích.

Tab. 1 Nastavení doby a rychlosti měření

Produkt	Jmenovitá jemnost Nm	Doba měření [min]	Rychlost [m/min]
Příze	10, 12, 14, 20, 28, 34, 40	5	400
Pramen z 2.PS	0,200	2,5	25
Pramen z 1.PS	0,192	2,5	25

Byly proměřeny i prameny z mykacích strojů. Při zpracování výsledků přízí se však ukázalo, že kvalita mykaného pramene se ve spektrogramu příze negativně neprojevuje. Data tedy nebyla vyhodnocována. Ani výsledky z měření pramenů vstupujících do příslušných jednotek rotorového stroje nebyly pro vyhodnocení nestejnoměrnosti zapotřebí.

Zpracovávané parametry a charakteristické funkce hmotové nestejnoměrnosti příze:

CV_m [%] – kvadratická hmotová nestejnoměrnost

H [-] – chlupatost

sh [-] – směrodatná odchylka chlupatosti

Thin -35, -50 [1/km] – slabá místa

Thick +40, +50 [1/km] – silná místa

Neps +200, +280 [1/km] – nopky

Spektrogram

Délková variační křivka

DR-funkce

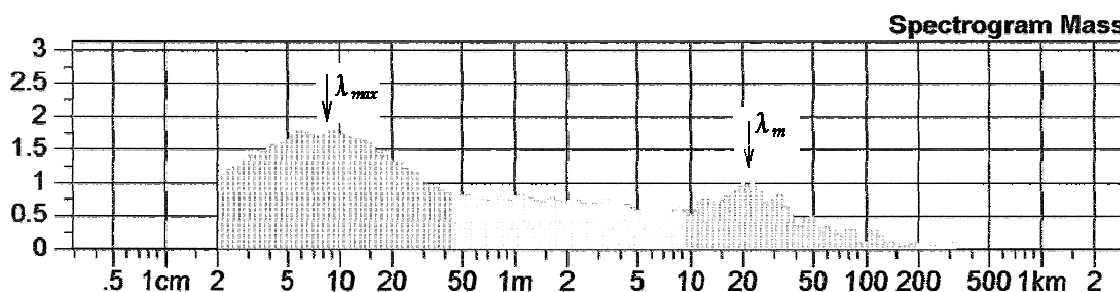
K analýze hmotové nestejnoměrnosti pramenů bylo použito spektrogramů.

3.1 Zpracování spektrogramů přízí

Ve spektrogramech přízí se nevyskytují charakteristická spektra (spektra mechanických závad). K vyhodnocení kupovitých spekter byla použita metoda popsaná v kapitole 2.2.1.2, která spočívá v porovnání průtahu vypočteného ze střední délky vláken a střední délky vlny kupovitého spektra s průtahy následujícími po jednotlivých průtahových polích.

Příklad výpočtu střední délky vláken příze Nm 10

Ze spektrogramů příze Nm 10 byly odečteny kanály s maximální amplitudou (viz. obr. 19).



Obr. 19 Spektrogram pro Nm 10

Pomocí vztahu (17) byly následně vypočteny střední vlnové délky odpovídající těmto kanálům (viz. tab. 2).

Tab. 2 Vlnové délky maximálních amplitud

číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ_{max} [m]	0,090	0,090	0,090	0,090	0,084	0,090	0,090	0,090	0,084	0,084

Z deseti získaných hodnot byla vypočtena průměrná hodnota vlnové délky maximální amplitudy $\lambda_{max}=0,090\text{m}$ a z ní dle vztahu (22) střední délka vláken $\bar{l}=0,033\text{m}$. Střední délky vláken ostatních přízí byly vypočteny tímž způsobem. V následující tabulce jsou uvedeny jejich výsledné hodnoty.

Tab. 3 Střední délky vláken jednotlivých přízí

Nm	10	12	14	20	28	34	40
\bar{l} [m]	0,033	0,032	0,033	0,031	0,029	0,031	0,031

Ze spektrogramů byly odečteny střední délky vln kupovitých spekter a pomocí vztahu (21) vypočteny jim odpovídající průtahy. Vyhodnocována byla kupovitá spektra, která se na dané vlnové délce vyskytla alespoň šestkrát. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4. Přehled všech zaznamenaných kupovitých spekter je v Příloze 2 v tabulkách P1-P7.

Tab. 4 Kupovitá spektra přízí

Nm	číslo měření	λ_m [m]	P [-]
10	1-3, 5-8	4,061	45,3
	3, 4, 6-9	26,390	294,6
12	2-5, 7, 10	34,822	394,2
14	1, 2, 5-8	5,359	59,8
	1, 3-5, 8-10	30,314	338,5
20	1-3, 7, 8, 10	7,071	82,3
	1-4, 6, 7, 9, 10	42,871	498,9
28	2-8	80,000	1010,7
34	1, 3, 5, 8-10	13,195	156,8
	1, 4-6, 9, 10	80,000	950,8
40	2, 3, 5-7, 10	15,157	178,8
	2, 4, 6, 7, 9, 10	80,000	943,9

3.2 Zpracování spektrogramů pramenů

Při vyhodnocování charakteristických spekter pramenů byly využity poznatky z kapitoly 2.2.1.2. Postupovalo se podobně jako v předchozí podkapitole. Střední délka vláken byla vypočtena jako průměr ze středních délek pro jednotlivé jemnosti přízí, její hodnota je $\bar{l}=0,031\text{m}$. Vyhodnocována byla kupovitá spektra, která se opakovala alespoň u dvou měření pro daný stroj. Přehled těchto hodnot pro druhé posukovací

stroje je uveden v tab. 5, pro první posukovací stroje v tabulce 6. Přehled všech zaznamenaných kupovitých spekter pramenů je v Příloze 2 v tabulkách P8-P13.

Tab. 5 Kupovitá spektra pramenů z 2. PS

stroj	číslo měření	λ_m [m]	P [-]
RSB 4	1, 2, 3	0,254	2,0
	1, 2	0,335	2,7
	1, 2, 3	0,583	4,7
	1, 2, 3	0,947	7,6
	1, 2, 3	2,176	17,4
RSB 6	1, 2, 3	0,192	1,5
	1, 2, 3	0,474	3,8
	1, 2, 3	0,947	7,6
	1, 2, 3	2,176	17,4
	2, 3	4,061	32,5
	2, 3	8,706	69,7
RSB 8	1, 2, 3	0,206	1,6
	1, 2, 3	0,474	3,8
	1, 2, 3	0,947	7,6
	1, 2, 3	2,176	17,4

Tab. 6 Kupovitá spektra pramenů z 1. PS

stroj	číslo měření	λ_m [m]	P [-]
SB 3	2, 3	0,359	2,9
	1, 3	0,508	4,1
	1, 2, 3	0,884	7,1
	1, 2, 3	2,500	20,0
SB 5	2, 3	0,412	3,3
	1, 3	1,539	12,3
	2, 3	2,500	20,0
SB 7	1, 2, 3	0,167	1,3
	2, 3	0,412	3,3
	1, 2	0,825	6,6
	1, 2, 3	2,031	16,2

Ve spektrogramu pramene z prvního posukovacího stroje SB 3 se vyskytla charakteristická spektra, která přesahují okolní amplitudy alespoň o ½ hodnoty, na vlnové délce $\lambda=0,359\text{m}$ a $\lambda=1,250\text{m}$. Protože se ale neopakovala, nebyla vyhodnocována.

3.3 Zpracování délkových variačních křivek

Délkové variační křivky se vyhodnocují porovnáním s křivkou limitní a určením, v oblasti vlivu kterého stroje došlo k jejich přiblížení či oddálení.

Limitní délková variační křivka byla stanovena výpočtovou metodou popsanou v kapitole 2.2.2.1. Bylo vybráno šest délek úseků L a pro ně vypočteny příslušné hodnoty $CV(L)$. Pro délky $L=0,01\text{m}$, $L=0,02\text{m}$ a $L=\bar{l}$ byl použit vztah (26), pro $L=0,1\text{m}$ vztah (27) a pro zbylé vztah (28). Hodnoty střední délky vláken \bar{l} odpovídají hodnotám v tab. 3. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 7 Hodnoty $CV(L)$ [%] pro sestrojení limitní DVK

L Nm	0,01	0,02	$L = \bar{l}$	0,1	0,5	10
10	3,61	3,40	3,11	2,05	0,97	0,22
12	3,95	3,71	3,41	2,23	1,06	0,24
14	4,27	4,02	3,68	2,43	1,15	0,26
20	5,09	4,78	4,39	2,85	1,35	0,30
28	6,00	5,59	5,21	3,25	1,53	0,34
34	6,63	6,21	5,73	3,68	1,74	0,39
40	7,20	6,75	6,23	4,01	1,89	0,42

Dále bylo potřeba určit délky úseků příslušející jednotlivým strojům. Referenční délka, tedy délka úseku pro dopřádací stroj, byla určena dle vztahu (30) a odpovídá střední délce vláken. Vynásobením průtahy následujícími po jednotlivých strojích dle vztahu (31) byly získány délky úseků, které těmto strojům přísluší.

Ukázka výpočtu délek úseků pro přízi Nm 10:

Základní délka a současně délka úseku pro dopřádací stroj $L_0=L_1=1*0,033=0,033\text{m}$.

Délka úseku odpovídající druhému posukovacímu stroji $L_2=0,033*50=1,62\text{m}$.

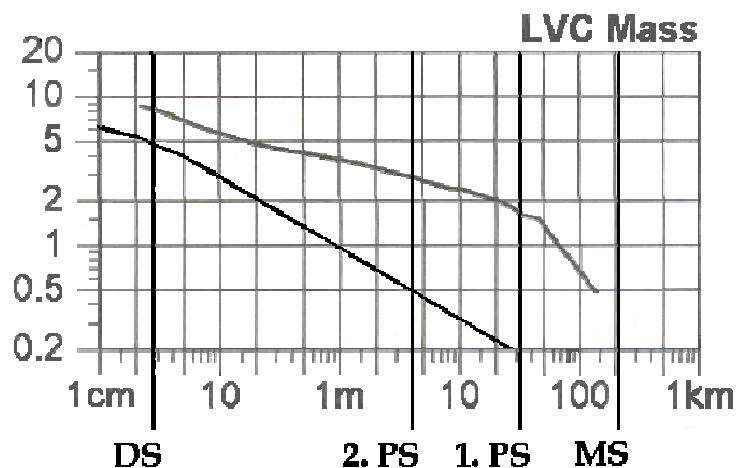
Délka úseku prvního posukovacího stroje $L_3=0,033*50*8,33=13,5\text{m}$.

Délka úseku příslušející mykacímu stroji $L_4=0,033*50*8,33*6,4=86,8\text{m}$.

Výsledné hodnoty pro příze všech jemností jsou uvedeny v následující tabulce. Spolu s limitními délkovými variačními křivkami byly vyneseny do grafů k reálným křivkám (viz. příklad obr. 20), které jsou součástí Přílohy 1.

Tab. 8 Délky úseků L jednotlivých strojů

Nm	L_1 [m]	L_2 [m]	L_3 [m]	L_4 [m]
10	0,033	1,629	13,57	86,85
12	0,032	1,927	16,06	102,80
14	0,033	2,280	19,00	121,59
20	0,031	3,125	26,04	166,66
28	0,029	4,030	33,58	214,91
34	0,031	5,201	43,35	277,41
40	0,031	6,164	51,37	328,74



Obr. 20 Délková variační křivka příze Nm 28

3.4 Vyhodnocení DR-funkcí

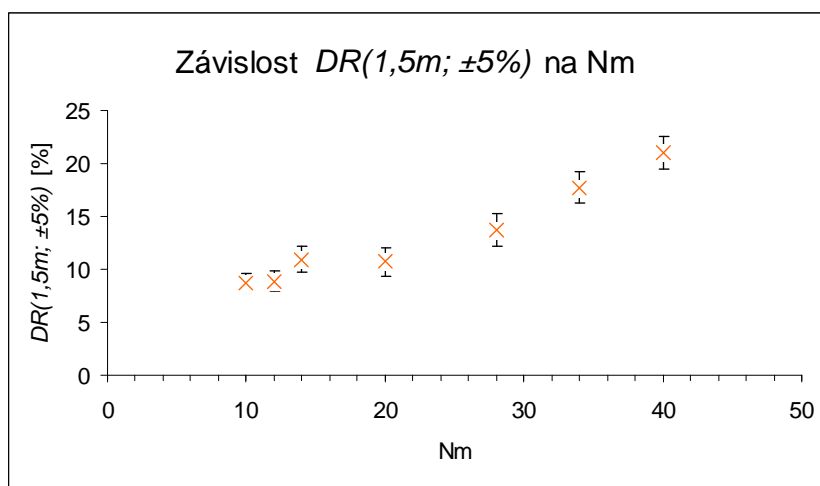
DR-křivky jednotlivých přízí jsou součástí Přílohy 1. Obecně o nich platí tvrzení, že čím jsou užší a symetričtější, tím je příze stejnoměrnější. Porovnáním jejich průběhu v závislosti na jemnosti příze lze nalézt určitou závislost. U hrubších přízí se DR-křivky jeví užší než u přízí jemnějších. Na symetrii křivek v našem případě nemá jemnost přízí znatelný vliv.

Z DR-křivek byly odečteny hodnoty $DR_{(1,5m;\pm 5\%)}$, vypočteny průměrné hodnoty pro jednotlivé jemnosti (viz. tab. 9) a následně vyneseny do grafu (viz. obr. 21).

Tab. 9 Průměrná hodnota, směrodatná odchylka s , variační koeficient v a 95% interval spolehlivosti hodnoty $DR_{(1,5m;\pm 5\%)}$ jednotlivých přízí

Nm	$DR_{(1,5m; 5\%)} [\%]$	$s [\%]$	$v [\%]$	95% IS [%]
10	8,8	1,2	14,2	7,9÷9,6
12	8,9	1,3	14,8	8,0÷9,8
14	10,9	1,6	14,4	9,7÷12,1
20	10,7	1,9	18,1	9,3÷12,1
28	13,8	2,1	15,6	12,2÷15,3
34	17,7	1,9	10,5	16,3÷19,2
40	21,0	2,2	10,5	19,4÷22,6

V oblasti hrubších přízí se intervaly spolehlivosti jednotlivých hodnot překrývají, ovšem u přízí jemnějších je znatelná rostoucí tendence v závislosti na Nm. Kolísání a zdánlivá nezávislost $DR_{(1,5m;\pm 5\%)}$ na Nm v oblasti hrubších přízí může být způsobena jejich nižší citlivostí na odchylku hmoty.

Obr. 21 Hodnoty $DR_{(1,5m; \pm 5\%)}$ jednotlivých přízí

Je znám vliv průběhu délkové variační křivky na povrchovou nestejnoměrnost plošných textilií. Kvůli studiu predikce povrchové nestejnoměrnosti z průběhu DR-křivky byla sledována korelace mezi vybranými parametry $DR_{(1,5m; \pm 5\%)}$ a $CV(1,5m)$. Hodnoty $CV(1,5m)$ byly odečteny z délkových variačních křivek, tedy pro každou jemnost deset hodnot. Významnost korelačního koeficientu pro jednotlivé jemnosti (viz. tab. 10) byla porovnána s kvantily Studentova rozdělení s (n-2) stupni volnosti. Bylo zjištěno, že u Nm 10 a Nm 12 veličiny korelují s 90% jistotou, u dalších dvou s 95% jistotou a u posledních tří s 99% jistotou. Příčinou nižší hladiny významnosti korelačního koeficientu u hrubých přízí je pravděpodobně opět jejich necitlivost k výchylce hmoty. Mezi parametry $DR_{(1,5m; \pm 5\%)}$ a $CV(1,5m)$ tedy existuje určitá závislost hodná dalšího zkoumání.

Tab. 10 Korelační koeficient r mezi $DR_{(1,5m; 5\%)}$ a $CV(1,5m)$

Nm	r [-]	významnost r [-]
10	0,613	2,195
12	0,586	2,045
14	0,636	2,331
20	0,670	2,553
28	0,811	3,921
34	0,876	5,137
40	0,835	4,292

3.5 Porovnání s Uster Statistics 2007

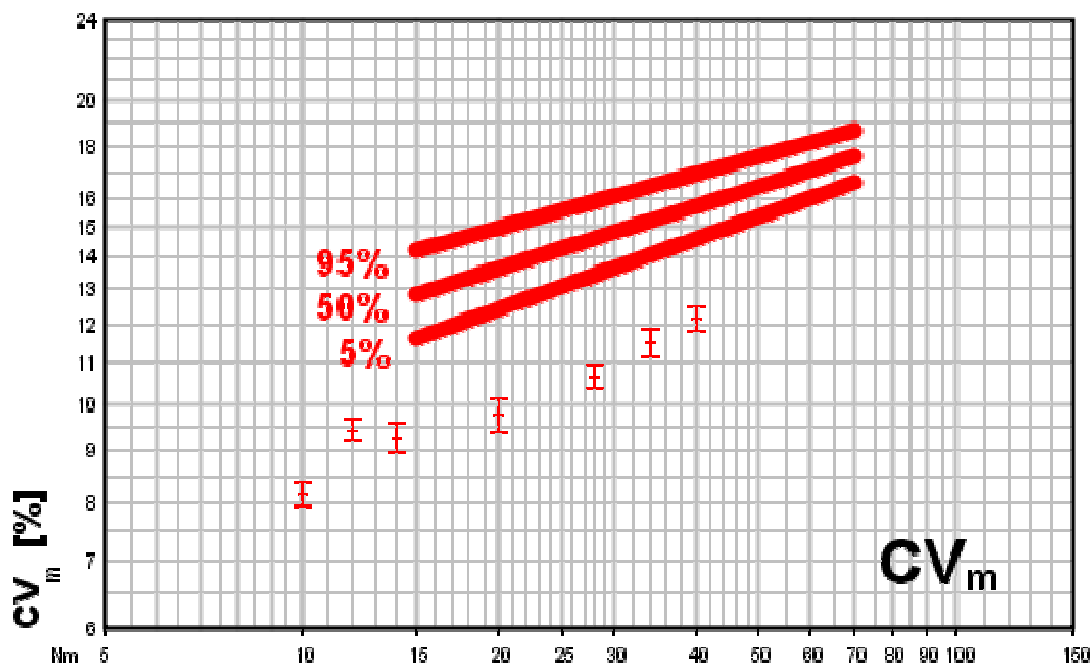
Nejbližší materiálové složení rotorových přízí, pro které existují standardy Uster Statistics 2007, je v našem případě 50/50% PES/CO. Lze takto porovnávat hodnoty

kvadratické hmotové nesterjnoměrnosti CV_m , chlupatosti H , směrodatné odchylky chlupatosti sh a počet vad překračujících meze -40, -50, +35, +50, +200 a +280%.

U naměřených dat byla testována normalita, homogenita a u vad s průměrnou hodnotou menší než 30 příslušnost k Poissonovu rozdělení. Vybočující data byla odstraněna. Křivky Uster Statistics 2007 nezasahují do oblasti přízí jemnosti Nm 10, Nm 12 a Nm 14, pro vybrané parametry tedy byly extrapolovány. Výsledné rovnice křivek jsou v tabulce P15 Přílohy 3. Vyhodnocení parametrů je uvedeno v tab. 9, podrobněji v tabulce P14 Přílohy 3.

Tab. 11 Kumulativní četnosti [%] odečtené z Uster Statistics 2007 pro vybrané parametry

Nm	CV_m [%]	H [-]	sh [-]	Thin -40 [1/km]	Thin -50 [1/km]	Thick +35 [1/km]	Thick +50 [1/km]	Neps +200 [1/km]	Neps +280 [1/km]
10	5	11÷23	5	5	5	5	5	5	5
12	5	47÷61	21÷30	5	5	5	5	5	5
14	5	27÷37	5÷10	5	5	5	5	5	5
20	5	34÷47	8÷16	5	5	5	5	5	5
28	5	29÷42	8÷17	5	5	5	5	5	5
34	5	36÷49	10÷21	5	5	5	5	5	5
40	5	28÷42	21÷33	5	5	5	5	5	5



Obr. 22 Porovnání hodnot CV_m s Uster Statistics 2007

4. Interpretace výsledků

Cílem této části je provést zhodnocení výsledků, jež byly získány v části předchozí a určit, který technologický stupeň je příčinou vad zjištěných ve spektrogramech a délkových variačních křivkách. Dále jsou zde porovnány parametry přízí se standardy Uster Statistics 2007.

4.1 Příze Nm 10

Ve spektrogramu příze se projevují kupovitá spektra na vlnových délkách přibližně 4,1m a 26m, přičemž výraznější zvýšení amplitudy je u vlnové délky 26m. Porovnáním vypočítaných průtahů s průtahy, které v technologii následují po jednotlivých pasážích se jeví, že první z nich je pravděpodobně způsobeno polem hlavního průťahu, druhé výraznější pak polem předprůťahu na druhém posukovacím stroji. Příčinou periodické hmotové nestejnoměrnosti je zde patrně druhý posukovací stroj.

Při pohledu na délkovou variační křivku je zřejmé, že se od limitní křivky začíná odchylovat na délce cca 10cm, tedy v oblasti vlivu druhého posukovacího stroje. Tento trend přetrvává i v rámci prvního posukovacího stroje. V oblasti vlivu mykacího stroje (přibližně na délce 20m) dochází k přibližování reálné křivky k limitní. Z tohoto průběhu lze dojít k závěru, že příčinou neperiodické hmotové nestejnoměrnosti je druhý a hlavně první posukovací stroj. Na krátkých délkách v oblasti druhého posukovacího stroje a v oblasti mykacího stroje se pravděpodobně projevuje pozitivní vliv regulace na těchto strojích.

Porovnáním vybraných parametrů se standardy Uster Statistics 2007 se jeví, že má příze výbornou kvalitu. Ve většině parametrů se pohybuje pod hranicí 5% nejlepších přízí. Chlupatost této příze je vyšší než chlupatost u 11%, ale nižší než u 77% porovnávaných přízí.

4.2 Příze Nm 12

Ve spektrogramu se nachází výrazná kupovitá spektra se střední délkou vlny přibližně 35m. Průtah z této délky vypočítaný odpovídá spíše hlavnímu průtahu na prvním posukovacím stroji, který je pravděpodobně příčinou periodické nestejnoměrnosti.

Délková variační křivka se od limitní křivky začíná odchylovat na délce cca 15cm příslušející působení druhého posukovacího stroje. V rámci prvního posukovacího stroje se toto odchýlení ještě zvyšuje. Příčinou neperiodické hmotové nestejnoměrnosti jsou tedy opět oba posukovací stroje, přičemž se pozitivně projevuje vliv regulace na druhém posukovacím stroji a i na stroji mykacím.

Většina parametrů příze se pohybuje pod hranicí 5% kumulativních četností Uster Statistics 2007. Chlupatost je vyšší než chlupatost u 41% a nižší než u 39% porovnávaných přízí. Dále se nachází mezi (21-30)% přízí s nejnižší dosaženou směrodatnou odchylkou. S výjimkou chlupatosti a směrodatné odchylky chlupatosti má tedy příze výbornou kvalitu.

4.3 Příze Nm 14

Příze vykazuje mírnější kupovitá spektra se střední délkou vlny přibližně 5,4m a výraznější na 30m. Analýza průtahů označuje jejich příčinu v hlavním průtahu a pro výraznější zvýšené amplitudy v předprůtahu druhého posukovacího stroje.

Délková variační křivka se začíná od limitní odchylovat na délce cca 15cm, což odpovídá oblasti vlivu druhého posukovacího stroje. Rostoucí tendence přetrvává i v rámci prvního posukovacího stroje. V oblasti vlivu mykacího stroje dochází k přiblížení reálné křivky k limitní. Příčinou neperiodické hmotové nestejnoměrnosti je tedy patrně druhý a hlavně první posukovací stroj. Na délkách nižších 15cm a vyšších 30m se pravděpodobně pozitivně projevuje regulace na druhém posukovacím a mykacím stroji.

V porovnání se standardy Uster Statistics 2007 se příze pohybuje pod hranicí 5% nejlepších srovnávaných přízí. Výjimkou je chlupatost, která je vyšší než chlupatost u 27% a nižší než u 63% porovnávaných přízí. Směrodatná odchylka se nachází mezi (5-10)%, což odpovídá velmi dobré kvalitě.

4.4 Příze Nm 20

Ve spektrogramu se projevují kupovitá spektra na vlnových délkách přibližně 7,0m (méně výrazná) a 43m. Porovnáním vypočítaných průtahů s průtahy, které následují po jednotlivých průtahových polích lze dojít ke zjištění, že první kupovité spektrum je pravděpodobně způsobeno polem hlavního průtahu a druhé polem předprůtahu na druhém posukovacím stroji. Příčinou periodické hmotové nestejnomyšnosti je zde tedy druhý posukovací stroj.

Průběh reálné délkové variační křivky vykazuje odchýlení od limitní na délce cca 15cm v oblasti vlivu druhého posukovacího stroje. Odchýlení se na délkách příslušejících prvnímu posukovacímu stroji ještě zvyšuje. V rámci mykacího stroje dochází k mírnému přiblížení reálné křivky k limitní. Z tohoto průběhu lze dojít k závěru, že příčinou neperiodické hmotové nestejnomyšnosti jsou oba posukovací stroje. Na kratších délkách v oblasti druhého posukovacího stroje a dále v oblasti vlivu mykacího stroje se pravděpodobně pozitivně projevuje vliv regulace.

Z porovnání vybraných parametrů se standardy Uster Statistics 2007 vyplývá, že má příze výbornou kvalitu. Ve většině parametrů se nachází pod hranicí 5% nejlepších porovnávaných přízí. Chlupatost této příze je vyšší než chlupatost u 34% a nižší než u 53% porovnávaných přízí. Z hlediska směrodatné odchylky chlupatosti má příze umístění mezi (8-16)% přízí s nejnižšími odchylkami.

4.5 Příze Nm 28

Kupovitá spektra ve spektrogramech příze mají střední délku vlny přibližně 80m. Průtah vypočtený z této vlnové délky byl porovnán s průtahy následujícími po jednotlivých pasážích technologie. Příčinou periodické hmotové nestejnomyšnosti je zde patrně hlavní průtahové pole na prvním posukovacím stroji.

Délková variační křivka se začíná odklánět od limitní křivky přibližně na délce 20cm, tedy v oblasti vlivu druhého posukovacího stroje. Tato tendence přetrvává i v rámci prvního posukovacího stroje. V oblasti vlivu mykacího stroje se reálná křivka opět přibližuje k limitní. Příčinou neperiodické hmotové nestejnomyšnosti se tedy zdá být druhý a hlavně první posukovací stroj. Na délkách menších 15cm v oblasti působení

druhého posukovacího stroje a v oblasti mykacího stroje se projevuje pozitivní vliv regulace na těchto strojích.

Většinou parametrů se příze umístila mezi nejlepšími 5% přízí zpracovávaných standardy Uster Statistics 2007. Výjimkou jsou chlupatost a její směrodatná odchylka. Chlupatost této příze je vyšší než chlupatost u 29% a nižší než u 58% porovnávaných přízí. Hodnotou směrodatné odchylky se pohybuje mezi (8-17)% přízí s nejnižšími dosaženými směrodatnými odchylkami.

4.6 Příze Nm 34

Ve spektrogramech příze se nachází mírná kupovitá spektra se střední délkou vlny 13m a 80m. Analýzou průtahů bylo zjištěno, že jejich příčinou je pole hlavního průťahu a předprůťahu na druhém posukovacím stroji. Příčinou periodické hmotové nestejnoměrnosti je zde tedy druhý posukovací stroj.

Průběh délkové variační křivky je podobný předcházejícím přízím. Reálná křivka se od limitní křivky začíná odchylovat přibližně na délce 30cm, tedy v oblasti vlivu druhého posukovacího stroje. Tento trend se změní až v oblasti vlivu mykacího stroje (na délce cca 45m), kde dochází k přibližování reálné křivky k limitní. Jako příčinu neperiodické hmotové nestejnoměrnosti lze tedy označit první i druhý posukovací stroj. Na krátkých délkách v oblasti druhého posukovacího stroje a v oblasti vlivu mykacího stroje se pozitivně projevuje regulace na těchto strojích.

S výjimkou chlupatosti a její směrodatné odchylky dosahuje příze výborných parametrů a řadí se tak mezi 5% nejlepších porovnávaných přízí. Chlupatostí se pohybuje mezi (36-49)% přízemi s nejnižší chlupatostí, směrodatnou odchylkou mezi (10-21)%.

4.7 Příze Nm 40

Ve spektrogramu příze se projevují kupovitá spektra na vlnových délkách přibližně 15m a 80m. Průtahy vypočtené z těchto vlnových délek odpovídají přibližně průtahům, které následují po poli hlavního průťahu a předprůťahu na druhém posukovacím stroji. Příčinou těchto zvýšených amplitud je tedy patrně druhý posukovací stroj.

Délková variační křivka se od limitní křivky začíná odklánět na délce přibližně 40cm a přiklání se k ní v rozmezí (40-60)m. Z tohoto průběhu lze dojít k závěru, že příčinou neperiodické hmotové nestejnoměrnosti jsou oba posukovací stroje. Na krátkých délkách příslušejících druhému posukovacímu stroji a v oblasti působení mykacího stroje se projevuje pozitivní vliv regulace na těchto strojích.

Porovnáním vybraných parametrů se standardy Uster Statistics 2007 se jeví, že má příze výbornou kvalitu. Hodnotou většiny parametrů se pohybuje pod hranicí 5%. Chlupatost této příze je vyšší než chlupatost u 28% a nižší než u 58% porovnávaných přízí. Nižší směrodatnou odchylku chlupatosti má 21% a vyšší 67% porovnávaných přízí.

4.8 Pramen z druhého posukovacího stroje

Prameny vystupující ze všech tří prvních posukovacích strojů se vyznačují četnými kupovitými spektry. Vyhodnocovaná kupovitá spektra, jež jsou uvedena v tab. 5 kapitoly 3.2, lze rozdělit do pěti skupin. Spektra v rozmezí vlnových délek (0,192-0,474)m spadají do oblasti působení hlavního průťahu na druhém posukovacím stroji a nachází se ve spektrogramech pramenů ze všech tří strojů. Příčinou kupovitého spektra se střední délkou vlny 0,583m, které se objevilo ve spektrogramu pramenů z RSB 4, je pravděpodobně pole předprůťahu na druhém posukovacím stroji. Další skupinou jsou spektra vyskytující se na vlnových délkách (0,947-2,176)m, jsou způsobena polem hlavního průťahu na prvním posukovacím stroji a nachází se na pramenech ze všech tří strojů. Na pramenech ze stroje RSB 6 byla zaznamenána ještě kupovitá spektra, kterým přísluší střední délky vlny 4,061m a 8,706m. První z nich je vyvoláno polem předprůťahu na prvním posukovacím stroji a druhé strojem mykacím.

Ve spektrogramu příze se projevují hlavně kupovitá spektra způsobená druhým posukovacím strojem a polem hlavního průtahu na prvním posukovacím stroji. Tato spektra se vyskytují ve spektrogramech pramenů ze všech tří druhých posukovacích strojů. Ostatní kupovitá spektra jsou vlivem následujícího průtahu zanesena do oblasti velmi dlouhých vlnových délek, nebo jsou díky postupnému ojednocování vyrovnána.

4.9 Pramen z prvního posukovacího stroje

Četná kupovitá spektra lze rozpoznat i ve spektrogramech pramenů z prvních posukovacích strojů. Vyhodnocovaná kupovitá spektra, jež jsou uvedena v tab. 6 kapitoly 3.2, lze rozdělit do tří skupin. První skupinou jsou spektra vyvolaná polem hlavního průtahu. Vykazují je pouze prameny ze stroje SB 7 na vlnové délce 0,167m. Spektra, jejichž příčinou je pole předprůtahu, se nachází ve spektrogramech ze všech tří strojů a vyskytují se zde na délkách (0,359 a 0,508)m. Poslední skupinou jsou kupovitá spektra na vlnových délkách 0,825m a delších. Spadají do oblasti vlivu mykacího stroje a vyskytují se ve spektrogramech ze všech prvních posukovacích strojů.

Ze zjištěných kupovitých spekter se ve spektrogramu příze projevují významným způsobem pouze ta, jejichž příčinou je pole hlavního průtahu na prvním posukovacím stroji. Vyskytují se pouze ve spektrogramech pramenů ze stroje SB 7. Některá kupovitá spektra z oblasti vlivu hlavního průtahu na prvním posukovacím stroji, jež jsou znatelná ve spektrogramech pramenů ze všech druhých posukovacích strojů, jsou tedy patrně vyvolána následným průtahem na druhém posukovacím stroji. Kupovitá spektra, která se do spektrogramu příze nepřenesla, jsou vyrovnána buď vlivem družení a ojednocování vláken, nebo jsou následujícími průtahy zanesena do oblasti velmi dlouhých vlnových délek.

5. Závěr

Tato práce byla zaměřena na analýzu hmotové nestejnoměrnosti 100% PES rotorové příze SYNCROFIL vyráběné firmou KTC Plavy. Jejím cílem bylo zjistit úroveň hmotové nestejnoměrnosti v této přádelně, určit vliv jednotlivých technologických stupňů na hmotovou nestejnoměrnost výsledné příze, zjistit případné negativní vlivy, jež zde působí, a navrhnout opatření, která by vedla ke zlepšení nestejnoměrnosti. K tomuto účelu bylo využito spektrogramů a délkových variačních křivek. Dále byly vybrané parametry nestejnoměrnosti porovnány se standardy Uster Statistics 2007.

Analýzou spektrogramů byla zjištěna kupovitá spektra způsobená většinou oběma průtahovými poli na druhém posukovacím stroji. V několika případech bylo jejich příčinou i pole hlavního průtahu na prvním posukovacím stroji. Ve spektrogramu příze se neprojevil negativní vliv mykacího stroje, ani pole předprůtahu na prvním posukovacím stroji. Z pohledu na délkové variační křivky je zřejmé, že k prohloubení neperiodické hmotové nestejnoměrnosti dochází v pásmu vlivu první i druhé posukovací pasáže. Protože jak kupovitá spektra ve spektrogramu příze, tak průběh délkové variační křivky poukazují na negativní vliv prvního i druhého posukovacího stroje, lze firmě KTC Plavy doporučit provést kontrolu průtahových ústrojí na obou strojích. Navzdory předchozím zjištěním se však ukázalo, že se tyto vlivy nepromítají do úrovně nestejnoměrnosti výsledné příze, neboť v porovnání se standardy Uster Statistics 2007 vykazuje příze výbornou kvalitu. Příčinou je i skutečnost, že rotorový dopřádací stroj pracuje s poměrně velkým celkovým průtahem, který posouvá kupovitá spektra do oblastí vzdálených vlnových délek s malou amplitudou, a činnost ojednocovacího ústrojí rotorového stroje, jež zajišťuje velmi dobrou míru ojednocení vláken a tak jistým způsobem vyrovnává určitou nestejnoměrnost předkládaného pramene. Důsledkem těchto dvou vlivů tedy je, že většinou parametrů se příze řadí mezi 5% nejlepších porovnávaných přízí. Výjimkou je chlupatost a případně i její směrodatná odchylka, kdy se chlupatost pohybuje v rozmezí (11 – 61) % a odchylka mezi (5 – 33) % kumulativní četnosti standardů Uster Statistics 2007. Úroveň míry chlupatosti lze citlivě ovlivňovat volbou zákrutu, což ovšem znamená zásah do produkce strojů. V tomto směru tedy záleží na požadavcích odběratelů.

Seznam použité literatury

- [1] Ursíny, P.: Předání I., skriptum TU Liberec, 2006.
- [2] Jirásková, P.: Spřádání bavlnářským a vlnářským způsobem, elektronické skriptum, TU Liberec, 2006.
- [3] Ursíny, P.: Předání II., skriptum TU Liberec, 2001.
- [4] Moučková, E.: Hmotová nestejnoměrnost délkových a plošných textilií, elektronické skriptum, TU Liberec, 2003.
- [5] Uster Tester 4 – Application Handbook, Zellweger Uster, V1.0/400 106-04020, Uster, Switzerland, (2002)
- [6] Firemní literatura firmy Zellweger Uster, Uster Statistics 2007.
- [7] Reuman, R.-D.: Prüfen von Textilien – Band 3, Fachbuchverlag Leipzig, 1984.
- [8] Slater, K.: Yarn Evenness, The Textile Institute, 1986.

Seznam příloh

Příloha 1: Protokoly z měření na aparatuře Uster Tester 4-SX.

Příloha 2: Kupovitá spektra vyskytující se ve spektrogramech přízí a pramenů z prvního a druhého posukovacího stroje.

Příloha 3: Parametry hmotové nestejnoměrnosti porovnané se standardy Uster Statistics 2007. Rovnice extrapolovaných křivek kumulativních četností.

Příloha 2: Kupovitá spektra vyskytující se ve spektrogramech přízí
a pramenů z prvního a druhého posukovacího stroje.

Tab. P1 Kupovitá spektra příze Nm 10

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1-3, 5-8	4,061	45,3
6	10,000	111,6
3, 4, 7, 9	14,142	157,9
1, 2, 5, 9, 10	21,435	239,3
3, 4, 6-9	26,390	294,6
2, 3, 5	37,321	416,7
7, 8	45,948	513,0
5, 6	80,000	893,2

Tab. P2 Kupovitá spektra příze Nm 12

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
2, 9	1,539	17,4
4, 5, 7	4,353	49,3
10	15,157	171,6
1, 6, 8, 9	26,390	298,7
2- 5, 7, 10	34,822	394,2
3, 4, 7	60,000	679,2
1, 6, 10	80,000	905,6
1, 6, 10	129,960	1471,1

Tab. P3 Kupovitá spektra příze Nm 14

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1, 2, 5-8	5,359	59,8
1-3, 8	14,142	157,9
10	17,411	194,4
4, 7	21,435	239,3
1, 3-5, 8-10	30,314	338,5
1, 2, 4, 7	40,000	446,6
3, 6, 9	49,246	549,8
1-4, 8	69,644	777,6
2, 3	160,000	1786,4

Tab. P4 Kupovitá spektra příze Nm 20

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1-3, 7, 8, 10	7,071	82,3
1, 4, 8, 9	22,974	267,3
10	32,490	378,1
1-4, 6, 7, 9, 10	42,871	498,9
4, 5	56,569	658,3

Tab. P5 Kupovitá spektra příze Nm 28

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
2, 3, 6, 8	3,078	38,9
1, 3, 4, 7, 8	10,000	126,3
3	15,157	191,5
2	26,390	28,3
1, 5, 9, 10	40,000	505,3
6	56,569	714,7
1, 10	69,644	879,9
2-8	80,000	1010,7
1, 4, 5, 8	129,960	1641,9

Tab. P6 Kupovitá spektra příze Nm 34

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
2, 7, 8	0,544	6,5
4	3,078	36,6
1, 3, 5, 8-10	13,195	156,8
3-5, 9	20,000	237,7
4-6, 9	40,000	475,4
3, 7, 8	60,629	720,6
1, 4-6, 9, 10	80,000	950,8
1, 6	129,960	1544,6
2, 4	149,285	1774,2

Tab. P7 Kupovitá spektra příze Nm 40

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1	0,670	7,9
8	7,071	83,4
1, 9	10,000	118,0
2, 3, 5-7, 10	15,157	178,8
5, 9	40,000	472,0
4	49,246	581,1
1, 3, 8, 10	60,629	715,4
2, 4, 6, 7, 9, 10	80,000	943,9
2, 3	121,257	1430,7
5, 7, 8	160,000	1887,8

Tab. P8 Kupovitá spektra pramene ze stroje
RSB 4

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1, 2, 3	0,254	2,0
1, 2	0,335	2,7
1, 2, 3	0,583	4,7
1, 2, 3	0,947	7,6
1, 2, 3	2,176	17,4
1	9,330	74,7

Tab. P9 Kupovitá spektra pramene ze stroje
RSB 6

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1	0,167	1,3
1, 2, 3	0,192	1,5
2	0,335	2,7
1, 2, 3	0,474	3,8
1	0,718	5,7
1, 2, 3	0,947	7,6
1, 2, 3	2,176	17,4
2, 3	4,061	32,5
2, 3	8,706	69,7

Tab. P10 Kupovitá spektra pramene ze stroje
RSB 8

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1, 2, 3	0,206	1,6
1, 2, 3	0,474	3,8
2	0,583	4,7
1, 2, 3	0,947	7,6
1, 2, 3	2,176	17,4

Tab. P11 Kupovitá spektra pramene ze stroje
SB 3

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
2, 3	0,359	2,9
1, 3	0,508	4,1
1, 2, 3	0,884	7,1
1, 2, 3	2,500	20,0
3	4,353	34,8
2	5,743	46,0
1	7,071	56,6

Tab. P12 Kupovitá spektra pramene ze stroje
SB 5

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1	0,300	2,4
2, 3	0,412	3,3
2	0,825	6,6
1, 3	1,539	12,3
2, 3	2,500	20,0
2	4,061	32,5
2	8,123	65,0

Tab. P13 Kupovitá spektra pramene ze stroje
SB 7

číslo měření	λ_m [m]	P [-]
1, 2, 3	0,167	1,3
2, 3	0,412	3,3
1	0,544	4,4
3	0,625	5,0
1, 2	0,825	6,6
1, 2, 3	2,031	16,2

Příloha 3: Parametry hmotové nestejnoměrnosti porovnané se standardy
Uster Statistics 2007.
Rovnice extrapolovaných křivek kumulativních četností.

Tab. P14a Parametry hmotové nestejnoměrnosti doplněné kumulativními četnostmi z Uster Statistics 2007

Nm		CV_m [%]	H [-]	sh [-]	Thin -40 [1/km]	Thin -50 [1/km]	Thick +35 [1/km]	Thick +50 [1/km]	Neps +200 [1/km]	Neps +280 [1/km]
10	průměr	8,11	6,39	1,24	0,0	0,0	2,8	0,2	0,2	0,2
	směrodatná odchylka	0,04	0,11	0,01	-	-	1,9	0,5	0,5	0,2
	variační koeficient	0,54	1,70	1,02	-	-	68,2	300,0	300,0	300,0
	95%IS	8,07÷8,14	6,31÷6,47	1,23÷1,25	-	-	1,9÷4,0	0,0÷0,8	0,0÷0,8	0,0÷0,8
	95%IS rozšířený	7,91÷8,31	6,18÷6,59	1,20÷1,27	-	-	1,6÷4,4	0,0÷0,9	0,0÷0,9	0,0÷0,9
	US 2007	5	11÷23	5	5	5	5	5	5	5
12	průměr	9,45	7,68	1,80	0,2	0,0	29,2	0,3	0,3	0,1
	směrodatná odchylka	0,07	0,25	0,06	0,3	-	3,4	0,5	0,5	0,2
	variační koeficient	0,70	3,24	3,42	118,6	-	11,7	135,5	135,5	210,8
	95%IS	9,40÷9,50	7,50÷7,86	1,75÷1,84	0,0÷0,8	-	25,9÷32,7	0,1÷0,9	0,1÷0,9	0,0÷0,5
	95%IS rozšířený	9,21÷9,68	7,35÷8,01	1,72÷1,88	0,0÷0,9	-	23,0÷35,7	0,0÷0,9	0,0÷0,9	0,0÷0,6
	US 2007	5	47÷61	21÷30	5	5	5	5	5	5
14	průměr	9,28	6,43	1,46	0,6	0,0	10,2	0,2	0,6	0,1
	směrodatná odchylka	0,14	0,09	0,03	0,5	-	2,7	0,2	0,8	0,2
	variační koeficient	1,52	1,35	1,87	86,1	-	26,8	161,0	129,1	300,0
	95%IS	9,18÷9,38	6,36÷6,49	1,44÷1,49	0,2÷1,3	-	8,1÷12,6	0,0÷0,7	0,2÷1,3	0,0÷0,6
	95%IS rozšířený	8,99÷9,56	6,23÷6,62	1,41÷1,51	0,2÷1,4	-	7,1÷13,6	0,0÷0,7	0,2÷1,4	0,0÷0,6
	US 2007	5	27÷37	5÷10	5	5	5	5	5	5
20	průměr	9,70	6,16	1,39	1,4	0,1	19,9	0,5	0,6	0,1
	směrodatná odchylka	0,19	0,11	0,02	1,0	0,2	5,2	0,7	0,5	0,2
	variační koeficient	1,91	1,86	1,64	74,9	210,8	26,2	133,3	86,1	210,8
	95%IS	9,56÷9,83	6,08÷6,24	1,37÷1,40	0,8÷2,3	0,0÷0,6	17,2÷22,9	0,2÷1,2	0,2÷1,3	0,0÷0,6
	95%IS rozšířený	9,37÷10,02	5,96÷6,37	1,34÷1,43	0,6÷2,5	0,0÷0,6	15,2÷24,9	0,1÷1,2	0,2÷1,4	0,0÷0,6
	US 2007	5	34÷47	8÷16	5	5	5	5	5	5
28	průměr	10,62	5,28	1,22	8,4	0,0	47,1	0,6	0,2	0,0
	směrodatná odchylka	0,16	0,08	0,02	2,3	-	7,5	0,8	0,3	-
	variační koeficient	1,49	1,57	1,87	26,7	-	16,0	134,9	150,0	-
	95%IS	10,50÷10,73	5,22÷5,34	1,20÷1,24	6,7÷10,4	-	41,7÷52,5	0,2÷1,3	0,0÷0,7	-
	95%IS rozšířený	10,29÷10,94	5,12÷5,45	1,18÷1,26	5,9÷11,2	-	37,0÷57,2	0,2÷1,4	0,0÷0,7	-
	US 2007	5	29÷42	8÷17	5	5	5	5	5	5

Tab. P14b Parametry hmotové nestejnoměrnosti doplněné kumulativními četnostmi z Uster Statistics 2007

Nm		CV_m [%]	H [-]	sh [-]	Thin -40 [1/km]	Thin -50 [1/km]	Thick +35 [1/km]	Thick +50 [1/km]	Neps +200 [1/km]	Neps +280 [1/km]
34	průměr	11,49	5,08	1,15	33,2	0,3	91,1	2,4	1,2	0,2
	směrodatná odchylka	0,19	0,07	0,02	8,2	0,4	14,4	1,4	0,9	0,4
	variační koeficient	1,63	1,34	2,15	24,6	140,5	15,8	57,9	80,2	212,1
	95%IS	11,36÷11,63	5,03÷5,13	1,13÷1,16	27,4÷39,0	0,1÷0,9	80,8÷101,4	1,5÷3,6	0,6÷2,1	0,0÷0,7
	95%IS rozšířený	11,13÷11,86	4,93÷5,23	1,11÷1,19	24,1÷42,3	0,0÷0,9	71,7÷110,5	1,3÷3,8	0,5÷2,2	0,0÷0,7
	US 2007	5	36÷49	10÷21	5	5	5	5	5	5
40	průměr	12,16	4,65	1,15	62,2	1	129,4	3	1,6	0,2
	směrodatná odchylka	0,14	0,05	0,03	10,9	0,6	14,1	0,9	0,8	0,2
	variační koeficient	1,11	1,13	2,18	17,5	57,0	10,9	30,0	48,4	161,0
	95%IS	12,06÷12,25	4,61÷4,69	1,13÷1,16	54,4÷70,0	0,5÷1,8	119,3÷139,5	2,0÷4,3	0,9÷2,6	0,0÷0,7
	95%IS rozšířený	11,82÷12,50	4,52÷4,78	1,11÷1,19	48,2÷76,2	0,4÷1,9	106,4÷152,4	1,7÷4,6	0,8÷2,8	0,0÷0,7
	US 2007	5	28÷42	21÷33	5	5	5	5	5	5

Tab. P15 Rovnice vybraných křivek z Uster Statistics 2007

Kumulativní četnost [%]	Rovnice křivky
5	$CV_m = 3,3136 \cdot \ln(Nm) + 2,4865$
5	$sh = -0,4282 \cdot \ln(Nm) + 2,5949$
10	$sh = -0,4417 \cdot \ln(Nm) + 2,678$
11	$H = -1,3561 \cdot \ln(Nm) + 9,2633$
21	$sh = -0,4407 \cdot \ln(Nm) + 2,5078$
23	$H = -1,398 \cdot \ln(Nm) + 8,8573$
27	$H = -1,5941 \cdot \ln(Nm) + 10,427$
30	$sh = -0,5552 \cdot \ln(Nm) + 3,2352$
37	$H = -1,7719 \cdot \ln(Nm) + 11,279$
47	$H = -1,9975 \cdot \ln(Nm) + 12,349$
61	$H = -2,2648 \cdot \ln(Nm) + 13,594$